

А.И. ЛЕЙПУНСКИЙ – НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ И ОРГАНИЗАТОР РАЗРАБОТОК И ВНЕДРЕНИЯ РЕАКТОРОВ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ В ЯДЕРНУЮ ЭНЕРГЕТИКУ

В.М. Поплавский

ГНЦ РФ-Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск

Александр Ильич Лейпунский - выдающийся ученый и организатор науки, основоположник работ по реакторам на быстрых нейтронах в нашей стране, научный руководитель направления ядерной энергетики, связанного с использованием быстрых реакторов.

Начало творческой деятельности Александра Ильича совпало с обучением на физико-механическом факультете Петроградского политехнического института.

В это время Петроградский политехнический институт был одним из лучших высших учебных заведений страны. Его основатели – А.Г. Гагарин, А.И. Крылов, Д.К. Чернов с самого начала рассматривали институт как академию по подготовке специалистов самой высокой квалификации.

Во время учебы А.И. Лейпунского в институте на физико-механическом факультете преподавали А.Ф. Иоффе, Я.И. Френкель, Н.Н. Семенов, В.В. Скобельцын и другие крупные ученые. При этом сочетание учебной и научной работы они считали крайне необходимым.

«Весной 1923 года – пишет однокурсница А.И. Лейпунского Е.Д. Девяткова - Абрам Федорович вызвал 6 студентов нашего курса (в том числе А.И. Лейпунского и меня) в свою лабораторию в Петроградский физико-технический институт (ПФТИ) и предложил на выбор несколько тем для начала экспериментальной работы под его руководством». Главной задачей ПФТИ (с 1924 г. ЛФТИ) в начале 20-х годов были «научные исследования рентгеновских лучей, электронных, магнитных явлений в технике» [1]. К кругу этих проблем и относятся первые исследования А.И. Лейпунского. Защитив в 1926 г. дипломную работу на тему «Столкновение электронов с атомами и молекулами», он работает в ЛФТИ и одновременно учится в аспирантуре. Первая научная работа А.И. Лейпунского «Вероятность возбуждения атомов ртути электронным ударом» напечатана в 1927 году в журнале Русского физико-химического общества.

Тематика работ А.И. Лейпунского в последующие годы весьма разнообразна при сохранении общего направления – изучения поведения атомов и молекул, возбуждаемых при столкновении между собой и с электронами.

В июле – августе 1928 г. А.И. Лейпунский впервые вместе с другими молодыми сотрудниками ЛФТИ благодаря стараниям А.Ф. Иоффе (оплата пребывания за границей шестнадцати физиков проводилась за счет средств, заработанных А.Ф. Иоффе в американской компании «General Electric», куда он был приглашен в качестве консультанта) едет за границу. Эта поездка дала возможность А.И. Лейпунскому про-

слушать курс лекций по теоретической физике и познакомиться с последними достижениями зарубежных ученых в этой области.

Жизнь А.И. Лейпунского в 30-е годы связана с Украинским физико-техническим институтом (УФТИ), созданным в 1928 г. в г. Харькове. С марта 1929 г. он – старший физик и одновременно заместитель директора УФТИ. Ему 25 лет; он, по воспоминаниям, обаятелен, красив, с мягким доброжелательным характером.

В ноябре 1930 г. состоялось открытие института, и уже в 1931 г. по предложению А.И. Лейпунского УФТИ начал работать в новой области – области ядра.

С этого времени практически вся жизнь Александра Ильича была посвящена физике ядра и ее техническим приложениям [2].

С 1933 г. А.И. Лейпунский – директор Украинского физико-технического института, а в апреле 1934 г. он уезжает по командировке Наркомтяжпрома на стажировку в Германию и Англию. Работа А.И. Лейпунского в лаборатории Э. Резерфорда была очень плодотворной. Здесь он впервые в мире предпринял попытку экспериментально доказать существование нейтрино – частицы, существование которой в 1930 г. предсказал В. Паули.

В октябре 1935 г. А.И. Лейпунский возвращается в Харьков и сосредотачивает усилия на изучении взаимодействия нейтронов с ядрами. Он одним из первых в нашей стране оценил роль открытой в 1932 г. новой частицы – нейтрона – в качестве инструмента ядерно-физических исследований и стал специалистом по нейтронной физике задолго до того, как было понято значение нейтрона для создания научного фундамента атомной энергетики [2].

В 1939 г. УФТИ начинает работы над проблемой изучения деления урана, научным руководителем которой назначается А.И. Лейпунский. Его привлекают к работе Ядерной и Урановой комиссий АН СССР.

Урановая комиссия поручает В.Г. Хлопину и А.И. Лейпунскому составить план по изучению проблемы урана.

В УФТИ была проведена серия экспериментов, целью которых было выяснение механизма деления урана под действием медленных и быстрых нейтронов. Наиболее полно представления Александра Ильича о возможных вариантах осуществления цепной реакции отражены в двух предвоенных его работах - «Деление урана» и «Деление ядер». Эти статьи принадлежат к числу самых первых работ советских физиков, всесторонне рассматривающих физические характеристики деления нейтронами и конкурирующих с ними процессов.

Статья «Деление урана» была его первой работой по физике реакторов. Хотя Я.Б. Зельдович и Ю.Б. Харитон уже опубликовали свою знаменитую теорию цепной реакции деления, численные оценки критических параметров сделаны не были. Впервые (по крайней мере, в отечественной литературе) это попытался сделать А.И. Лейпунский в упомянутой статье [2].

По представлениям того времени практическое осуществление цепной реакции сильно усложнялось из-за большой скорости процесса: запаздывающие нейтроны еще не были известны. В статье «Деление ядер» Александр Ильич пишет: «Относительно возможности цепной реакции при помощи быстрых нейтронов ничего сказать нельзя, так как не известны основные величины, определяющие развитие цепи: вероятность неупругого рассеяния, количество нейтронов разных энергий, испускаемых при делении и т.д.». Вряд ли А.И. Лейпунский предполагал в то время, что создание реакторов на быстрых нейтронах станет основным делом его жизни.

Несмотря на громадную занятость во время войны оборонными задачами А.И. Лейпунский в 1944 г. создает в Институте физики и математики АН УССР отдел ядерной физики, основной задачей которого стало получение данных о нейтронно-

ядерных взаимодействиях, необходимых для создания атомной технологии, в том числе атомных реакторов.

В 1946-1949 г., когда основной задачей оставалось создание атомного оружия, уже обсуждаются возможные варианты использования тепла, выделяющегося при делении урана, для производства электроэнергии. В этот период формируются и основные реакторные концепции.

Известные к тому времени данные уже позволяли предположить, что в принципе возможно создание реакторов не только на медленных, но и на промежуточных и быстрых нейтронах. Этой точки зрения придерживались И.В. Курчатов, И.И. Лейпунский и другие ведущие физики.

В 1949 г. Александр Ильич оставляет часть своих многочисленных и, надо сказать, престижных обязанностей и начинает работать в г. Обнинске.

27 августа 1949 года А.И. Лейпунский назначается заведующим научным отделом Лаборатории «В». Теперь жизнь ученого оказывается связанной с этой Лабораторией (впоследствии Физико-энергетическим институтом), где он возглавляет исследования по созданию реакторов на быстрых нейтронах.

В докладной записке А.И. Лейпунского, Д.И. Блохинцева и А.Д. Зверева, представленной в октябре 1949 года на имя заместителя начальника ПГУ при СМ СССР А.П. Завенягину, ставится вопрос о необходимости развертывания работ по созданию различных энергетических реакторов с целью их сопоставления и выбора наиболее эффективного. В записке отмечается, что Лаборатория «В» готова взять на себя разработку реакторных систем на быстрых и промежуточных нейтронах с различными охладителями.

В письме от 18.03.1950 г. А.П. Завенягин извещает, что постановлением СМ СССР от 14.02.1950 г. на т.т. И.В. Курчатова и А.И. Лейпунского возложено научное руководство работой по изучению возможности расширенного воспроизводства, в том числе – изучение ядерных свойств, теплопередачи и гидродинамики висмута, натрия и сплавов висмут-свинец и натрий-калий, а также подбор конструкционных материалов, стойких в этих теплоносителях [3].

Размышляя о процессах взаимодействия нейтронов с ядрами, Александр Ильич пришел к выводу, что цепная реакция на быстрых нейтронах может обеспечить расширенное воспроизводство ядерного топлива. История техники еще не знала таких источников энергии, где при сжигании топлива оно еще и воспроизводится, да притом в большем количестве, чем сжигается.

Эта идея захватила все помыслы А.И. Лейпунского, он увидел реальную возможность создания такой системы ядерной энергетики, которая имела бы самообеспечение ядерным горючим. Но обширные знания не только в области физики, но и в ряде смежных наук (химия, технология, инженерия и т.д.) позволили А.И. Лейпунскому увидеть, что ядерно-физическая часть его концепции быстрых реакторов – только фрагмент (хотя и основной) в совокупности задач, которые необходимо будет решать при практической реализации АЭС с реактором на быстрых нейтронах.

Подобное понимание проблемы во многом определило последующую деятельность А.И. Лейпунского, когда он взял на себя организацию и научное руководство работ не только в области физики реактора, но и в области теплофизики, материаловедения и т.д.

Как вспоминает Э.А. Стумбур [2], в марте 1950 г. А.И. Лейпунский в присутствии Д.И. Блохинцева, О.Д. Казачковского, Л.Н. Усачева, А.С. Романовича, И.И. Бондаренко и Э.А. Стумбура изложил основные идеи быстрых реакторов и их возможную перспективную значимость для развития ядерной энергетики. Александр Ильич попросил присутствующих глубоко вдуматься в эту идею, подобрать аргументы в ее пользу,

высказать критические замечания, сомнения – все, что придет в голову.

В июле 1950 г. А.И. Лейпунский представляет для рассмотрения на НТС ПГУ СМ СССР доклад «Системы на быстрых нейтронах» [4]. Сегодня можно только удивляться той глубине и точности выводов и прогнозов, сделанных А.И. Лейпунским на основе известных в то время весьма скудных данных.

В докладе показывается, что в системах на быстрых нейтронах следует ожидать наибольшего воспроизводства по сравнению с системами других типов. На основе ядерных данных, полученных от Ю.Б. Харитона, а также ядерных сечений, измеренных к тому времени К.И. Мухиным, Ю.С. Замятниным, И.И. Бондаренко, Э.А. Стумбуром и др. с использованием приближенной теоретической модели, разработанной Л.Н. Усачевым под руководством Д.И. Блохинцева, в докладе приводятся результаты расчетов промышленной системы тепловой мощностью 1200 МВт.

В докладе также обосновывается эффективность использования жидких металлов в качестве теплоносителя для систем на быстрых нейтронах. Особо Александр Ильич подчеркивает, что кроме работ по более точным измерениям ядерных данных, необходимо проведение опытов с большим количеством активных веществ, т.е. сооружение опытной системы.

И уже 25 июля 1950 года А.И. Лейпунский разрабатывает «Предложения к плану мероприятий, необходимых для ускорения работ по системам на быстрых нейтронах» [5], где наряду с организацией работ в Лаборатории «В» ставится вопрос о привлечении к этим работам ЦКТИ, ВИАМ, ЭНИН, ЦАГИ.

Предложения А.И. Лейпунского и его коллег находят понимание и поддержку у руководства Министерства. С того момента исследования по быстрым реакторам сосредотачиваются в Лаборатории «В». Так в своем отчете на НТС ПГУ об итогах работы в 1950 г. И.В. Курчатов отмечает, что работы по быстрым реакторам в ЛИП АН (Курчатовский институт) практически не проводились и были сосредоточены в Лаборатории «В» [6]. В этой лаборатории разворачиваются работы по изучению жидкометаллических теплоносителей. В 1951 г. создается первый стенд на свинце-висмуте, а в 1953 г. запускаются циркуляционные контуры с натрием и натрий-калием. Широким фронтом идут исследования по технологии жидких металлов и поведению конструкционных материалов в них.

Александр Ильич не оставляет без внимания поставленный им вопрос о сооружении, как он говорил, «опытной системы», и в апреле 1955 г. в Лаборатории «В» вступает в эксплуатацию экспериментальная сборка БР-1 мощностью 100 Вт. Именно на этой физической сборке впоследствии будут проведены эксперименты по подтверждению проектных критических параметров следующей установки – реактора БР-2.

Разработка экспериментального реактора БР-2 мощностью 100 кВт проходила с большими трудностями в связи с новизной большинства задач. В ОКБ, проводившем разработку собственно реактора (Б.М. Шолкович, А.А. Хохлачев и др.), никак «не вырисовывался» его образ. После обсуждения состояния проекта с О.Д. Казачковским и Э.А. Стумбуром Александр Ильич заявил: «Так дело не пойдет! Видимо, надо нам «сочинить» основу структуры реактора, а затем уже налегать на конструкторов». Руководство этой работой А.И. Лейпунский взял на себя лично. Была организована оперативная группа во главе со Э.А. Стумбуром. В группу вошли И.И. Бондаренко (основные принципы реактора и измерение коэффициента воспроизводства), А.И. Усачев и А.А. Аристархов (расчет активной зоны), Г.Н. Смиринкин (кинетика реактора), П.А. Ушаков и Ю.Е. Багдасаров (теплофизика и гидравлика), М.Н. Николаев (радиационная защита), А.И. Абрамов и Н.И. Фетисов (дозиметрия и спецконтроль).

И.И. Бондаренко стремился к тому, чтобы БР-2 стал еще и средством для ядерно-физических исследований широкого диапазона, что еще более усложняло задачу.

Наконец в результате усилий всей группы было составлено техническое задание по проектированию БР-2. Александр Ильич тщательно рассмотрел его и утвердил.

В это время к проектированию реактора было подключено ОКБ во главе с В.Г.Грабиным. В результате слаженной работы сотрудников Лаборатории «В», конструкторов и технологов к началу 1955 г. почти все узлы и агрегаты БР-2 были готовы, и предстоял их монтаж. Коллегия Министерства заслушала доклад А.И. Лейпунского о БР-2. На замечания и сомнения, высказанные И.В. Курчатовым, Н.И. Гуревичем, Г.Н. Флеровым и др., А.И. Лейпунский, О.Д. Казачковский и Л.Н. Усачев дали исчерпывающие ответы. Решение о вводе в строй БР-2 было принято.

В качестве топлива на реакторе БР-2, как и на реакторе БР-1, использовался металлический плутоний, а в качестве теплоносителя – ртуть как наиболее изученный из всех жидких металлов.

Кстати, Госсанинспекция воспротивилась заполнению реактора ртутью из-за ее высокой токсичности. Помогло вмешательство Е.П.Славского, который детально ознакомился с установкой, рассмотрел проектную документацию и вызвал в Обнинск заместителя Министра здравоохранения. После получасовой беседы между ними разрешение было дано.

Надо отметить, что А.И. Лейпунский при выборе теплоносителя для быстрого реактора с самого начала ориентировался на жидкие металлы. Но на какой? После длительного анализа достоинств и недостатков различных теплоносителей (натрий, натрий-калий, свинец-висмут, ртуть) был выбран натрий и Александр Ильич отстаивал эту позицию до конца. Овсей Ильич Лейпунский вспоминал, что после неудачного использования натрия на американской подводной лодке «Морской волк» он спросил Александра Ильича: «Ты употребил в реакторе расплавленный натрий как хладагент. Почему американцы не делают этого?» Он ответил: «Тем хуже для американцев!»

В 1959 г. был сдан в эксплуатацию быстрый реактор БР-5 тепловой мощностью 5 МВт с натриевым теплоносителем и окисью плутония в качестве топлива. А.И. Лейпунский поставил задачу смоделировать на этом реакторе технологическую схему будущей АЭС включая парогенератор. Работы по созданию реактора и его эксплуатация осуществлялись под руководством О.Д.Казачковского и М.С. Пинхасика.

В преддверии разворачивающихся работ по проектированию целого ряда установок с реакторами на быстрых нейтронах опыт эксплуатации реактора БР-5 имел весьма важное значение. Особое внимание уделялось обобщению опыта работы основных систем реактора и установки в целом, подготовке специальных отчетов, содержание которых доводилось до сведения главных конструкторов и генпроектантов. Стало ясно, что натрий несмотря на более высокую температуру плавления более технологичен, чем сплав натрий-калий, что парогенератору необходимо будет уделять особое внимание, и многостеночное разделение натрия и воды не являются оптимальным решением особенно для систем большой тепловой мощности, что реактор стабилен и легко управляем и т.д. Реактор БР-5 становится также эффективным устройством для проведения широкого спектра физических исследований.

За исследования по физике реакторов на быстрых нейтронах А.И. Лейпунскому и его соратникам О.Д. Казачковскому, Л.Н. Усачеву и И.И. Бондаренко в 1960 г. присуждается Ленинская премия. В 1963 г. А.И. Лейпунскому присваивается звание Героя Социалистического Труда.

Итак, к концу 50-х годов исчезли сомнения в возможности осуществления расширенного воспроизводства в реакторах на быстрых нейтронах.

Возник вопрос – что же дальше? Надо было создавать демонстрационный энергетический реактор. Но каким он должен быть? Какой мощности? На какие парамет-

ры? С одной стороны, подобный реактор должен быть как можно ближе по своим характеристикам к будущим промышленным АЭС. Но, с другой стороны, было опасно далеко отрываться от того, что уже реально существовало. Последовательно прорабатываются варианты установок РБ-25, БН-50 и, наконец, реактор БН-350 (в первом варианте БН-250), тепловая мощность которого в 200 раз превышала работающий реактор БР-5. И Александр Ильич пришел к выводу, что это как раз то, что нужно. И его в этом решении поддержал Е.П. Славский. Но сразу стало очевидным, что при реализации этого проекта придется столкнуться с большим количеством проблем инженерно-технического характера, т.к. опыта разработки систем и оборудования энергетического уровня ни у нас, ни у кого мире не было.

И здесь проявились удивительные черты характера А.И. Лейпунского – человека смелого, решительного, сторонника быстрого продвижения вперед, но в тоже время человека, тонко чувствующего специфику возникающих проблем, стремящегося свети риск к минимуму.

Вспоминается, как Александр Ильич призывал нас, молодых специалистов, занимающихся разработкой БН-350, максимально использовать в проекте принципы резервирования, ремонтпригодности, взаимозаменяемости основных узлов установки. Это требование А.И. Лейпунского серьезно повлияло на схемно-компоновочный облик АЭС с реактором БН-350 и, в конечном счете, обеспечило успешную эксплуатацию станции. Так, например, была использована схема с резервной теплоотводящей петлей (шесть петель при пяти работающих), что значительно расширило режимные возможности установки. Подобных схемных решений мировая практика не знает. Хотя введение в схему резервного оборудования, безусловно, ухудшило экономические характеристики АЭС, но в условиях отработки новых инженерно-технических решений это было оправдано.

К чему может привести принятие необоснованных технических решений в новой технике показывает пример американского быстрого реактора «Энрико Ферми». Н.М. Синев вспоминает [2]: «В июле 1964 года мне вместе с А.И. Лейпунским довелось участвовать в поездке в США и посетить нашумевшую тогда АЭС «Энрико Ферми» мощностью 100 МВт с быстрым реактором и жидкометаллическим натриевым теплоносителем. Американцы хотели показать, что первыми овладели техникой быстрых реакторов, раньше всех стран. Игнорируя необходимые научные исследования, серьезную экспериментальную отработку сложного комплекса оборудования, фирма «Детройт Эдисон» поспешно соорудила уникальную станцию на намывном острове озера Юри и ... не справилась с задачей. Мы посетили АЭС в период ее аварийной остановки – на реакторе произошли расплавление тепловыделяющей сборки, разрыв трубки парогенератора (натрий-вода) со всеми вытекающими тягостными последствиями. Через несколько лет АЭС была демонтирована и от нее осталось лишь воспоминание. Затраты фирмы составили более 100 млн. долларов. Для нас это был очень полезный урок».

В процессе решения сложных инженерно-технических задач при проектировании БН-350 и с учетом урока «Энрико Ферми» стало очевидно, что необходим промежуточный этап – сооружение небольшой, но комплексной атомной станции, где можно провести экспериментальные работы по широкой программе вплоть до перевода активной зоны на плутониевое топливо. Такой установкой стала опытная АЭС с быстрым реактором БОР-60, тепловой мощностью 60 МВт и турбогенератором мощностью 12 МВт. Решение о строительстве установки в НИИАР было принято в конце 1963 г. В этом же решении указывалось, что при БОР-60 должен быть сооружен комплекс химической регенерации и автоматизированного изготовления уран-плутониевого топлива с целью отработки элементов замкнутого топливного цикла. Жизнь подтвер-

дила правильность принятых решений и в настоящее время БОР-60 действительно является уникальной экспериментальной базой мирового значения.

Тем не менее сооружение комплекса БОР-60 в свое время встретило непонимание некоторых руководителей Министерства и сопровождалось остановкой и даже полным запретом строительства. Вопрос рассматривался на Коллегии после письменного обращения к руководству, подписанного А.И. Лейпунским, А.П. Александровым, А.А. Бочваром и Н.М. Синевым. Большинство членов Коллегии проголосовало за продолжение строительства.

Надо отметить, что комплекс БОР-60 был спроектирован в короткие сроки, построен за 4 года и введен в эксплуатацию в 1969 г., за четыре года до энергетического пуска БН-350.

С пуском БОР-60 к проблеме быстрых реакторов был подключен значительный научный потенциал НИИАР, директором которого был назначен заместитель А.И. Лейпунского по проблеме быстрых реакторов О.Д. Казачковский. На реакторе были проведены важные исследования в области радиационного материаловедения, топливных композиций, теплообменного оборудования включая парогенераторы. Эти работы имели важное значение не только для успешного пуска БН-350, но и при создании следующих АЭС с реакторами на быстрых нейтронах.

Тем временем продолжалась доработка проекта БН-350, его расчетно-экспериментальное обоснование. Главным конструктором установки являлся ОКБМ, генеральным проектировщиком – ВНИПИЭТ. Физико-энергетический институт во главе с А.И. Лейпунским выполнял функции научного руководителя. К началу 70-х годов подошло время пуска установки, и это стало главным делом Александра Ильича и его команды. В 1971 г. А.И. Лейпунский распорядился о формировании группы из сотрудников ФЭИ (физики, теплофизики, химии и др.) для участия в пусконаладочных работах. Начались регулярные и длительные командировки в г. Шевченко. Регулярно бывал там и Александр Ильич, интересовавшийся ходом работ до деталей.

Из представителей разных организаций была создана пусковая группа, которую возглавил А.Д. Зверев, уму, инженерному и организаторскому таланту которого пуск БН-350 обязан очень многим. Его заместителями были А.И. Лейпунский и Д.С. Юрченко. Пусковая комиссия образовала комиссию по физическому и энергетическому пускам, которую возглавил В.В. Орлов. Физический пуск реактора был осуществлен 29 ноября 1972 года и прошел легко, критическая масса оказалась близкой к проектной. Это объяснялось высоким качеством расчетов и предварительными экспериментальными проверками на БФС в ФЭИ. Однако уже при подготовке к энергетическому пуску были замечены течи в парогенераторах. Несмотря на то, что системы защиты парогенераторов работали надежно и обеспечивали безопасность натриевых контуров и АЭС в целом, неполадки в парогенераторах делали обстановку на АЭС весьма тревожной, вплоть до постановки вопроса о правомерности использования натрия во втором контуре. В июле 1973 г. удалось осуществить энергетический пуск реактора на трех петлях из шести. Течи в парогенераторах, иногда крупные, продолжались вплоть до осени 1975 г., когда принятые по решению Е.П. Славского меры позволили наладить стабильную работу парогенераторов.

Александр Ильич испытывал глубочайшее уважение к Е.П. Славскому, высоко ценил его неизменную и твердую поддержку работ по быстрым реакторам. Е.П. Славский много раз бывал на БН-350, и принимаемые им решения приводили к радикальному улучшению дел в самых трудных ситуациях. Большую часть работ по пуску и освоению БН-350 нам пришлось пройти уже без А.И. Лейпунского, который в последний раз был в г. Шевченко в июле 1972 года.

Тем не менее можно считать, что Александр Ильич выиграл негласное соревнова-

ние со своими коллегами из Франции и Великобритании, которые в это же время готовили к пуску свои быстрые реакторы «Феникс» и «PFR», БН-350 был запущен первым из них.

Трудно переоценить значение БН-350 для дальнейшего развития быстрых реакторов. Предпринятый масштабный «бросок» по мощности реактора (5 МВт – БР-5, 60 МВт – БОР-60, 1000 МВт – БН-350) дался нам нелегко. Однако опыт работы БН-350 позволил существенно улучшить проектные решения следующего реактора – БН-600, который в настоящее время по праву считается флагманом мировой ядерной энергетики в области быстрых реакторов.

Предложение по разработке следующего за БН-350 быстрого энергетического реактора большой мощности было высказано А.И. Лейпунским на одном из совещаний по жидким металлам примерно в конце 1962 г.

М.Ф. Троянов вспоминает, что вскоре за этим совещанием Александр Ильич вызвал к себе группу физиков – расчетчиков и инженеров, которые в это время занимались проектом БН-350, и попросил проработать идею: увеличить тепловую мощность реактора до 1500 МВт, повысить температуру натрия до 600°C, поднять КПД до уровня 40% и получить электрическую мощность 600 МВт.

Но уже первые проработки показали, что использование ранее отработанных технических решений весьма затруднительно, требуется пересмотр концепции реактора. Так по предложению И.И. Африкантова, М.С. Пинхасика и их сотрудников возникла так называемая «баковая» (или интегральная) конструкция, где оборудование первого контура, включая сам реактор, насосы, теплообменники натрий-натрий было заключено в одном баке. Решение о переходе на новый принцип конструкции давался нелегко, т.к. оно было связано с переносом сроков проектирования. Однако Александр Ильич и Игорь Иванович Африкантов приняли подобное решение и обосновали его необходимость в Министерстве.

В 1967 г. решался вопрос о начале сооружения АЭС с реактором БН-600 и выборе площадки для строительства. И опять вопрос решался очень трудно, опять Коллегия рассматривала возражения авторитетных руководителей. Н.М. Синев вспоминает [2], что важную роль в положительном решении сыграл А.П. Александров, при участии которого было определено и место строительства БН-600 – Белоярская АЭС. Минэнерго СССР (К.Д. Лаврененко, В.Г. Ермаков) также поддержали это решение. Тем не менее академик Н.А. Доллежал считал, что на БАЭС в качестве третьего блока должен быть прямоточный водографитовый реактор типа АМБ на сверхкритических параметрах пара.

В том же 1967 г. проект АЭС с реактором БН-600 был утвержден, однако несмотря на это он продолжал «впитывать» в себя все новое, что появлялось в стране и в мире. Как известно, наиболее сложным в инженерном плане звеном в технологической схеме АЭС является парогенератор «натрий – вода». Опыт работы БН-350 в дальнейшем подтвердил это мнение. В связи с указанным обстоятельством проект парогенератора установки разрабатывался в нескольких вариантах (ОКБ «Гидропресс» - Титов В.Ф.)

Тщательный анализ результатов экспериментальных исследований аварийных режимов и учет зарубежного опыта (проект парогенератора установки «Феникс») показывали на необходимость использования секционнно-модульной схемы парогенератора, позволяющей при течи воды в натрий отключать на «ходу» аварийную секцию и оставлять основную часть парогенератора в работоспособном состоянии. Результаты анализа были доложены А.И. Лейпунскому, и он принял решение о переработке проекта. Первый вариант проекта – корпусной парогенератор – был отклонен несмотря на то, что на установке БОР-60 уже испытывался его прототип. Последую-

шая эксплуатация АЭС с реактором БН-600 подтвердила правильность принятого решения.

Другим примером корректировки проекта было вынужденное ограничение глубины выгорания топлива по сравнению с проектным. Экспериментальные работы на БОР-60 и исследование поведения материалов активной зоны реактора БН-350 показали на возможность значительного радиационного формоизменения материалов в спектре быстрых нейтронов. Об этом говорил и зарубежный опыт. Только своевременный учет этого эффекта в проекте БН-600 позволил успешно эксплуатировать реактор в первые годы после его пуска. В дальнейшем, в результате реализации специальной программы НИОКР удалось не только достичь проектных выгораний, но и превзойти их.

Реактор БН-600 был пущен в эксплуатацию в 1980 г. В течение 23-х лет он демонстрирует хорошие характеристики по эксплуатационной надежности и экологическим свойствам. Средний КИУМ АЭС за время эксплуатации составил 74%. Можно считать, что технология быстрых реакторов с натриевым охлаждением освоена с точки зрения обеспечения требуемого уровня безопасности и работоспособности.

В нашей стране реализована уникальная по своей широте программа развития быстрых реакторов от экспериментальной сборки БР-1 до промышленной АЭС БН-600, что позволило занять передовые позиции в рассматриваемой ядерной технологии. И в этом огромная заслуга А.И. Лейпунского.

Ученые и соратники Александра Ильича в ФЭИ, ОКБМ, ОКБ «Гидропресс», ВНИИНМ, НИИАР, НИКИЭТ, ВНИПИЭТ, СПБАЭП и в других организациях продолжают его дело. Разработан проект АЭС с реактором БН-800, который является следующим шагом в освоении технологии быстрых реакторов и замкнутого топливного цикла. Идет сооружение этого реактора на Белоярской АЭС. Продолжаются НИОКР по поиску новых инженерно-технических решений, направленных на улучшение технико-экономических показателей и дальнейшее повышение безопасности быстрых реакторов.

Пройдет еще много лет, прежде чем реакторы на быстрых нейтронах займут свое место в энергетике, обеспечивая устойчивое энергообеспечение человечества. Крупнейшие специалисты в области физики, теплофизики, технологии теплоносителя, радиационного материаловедения и других дисциплин стояли у истоков идеи быстрых реакторов, но имя А.И. Лейпунского по праву может быть названо первым среди них.

Литература

1. Организация науки в первые годы Советской власти (1917-1925 гг.): Сб. докл. - Л.: Наука, 1968.
2. *Лейпунский А.И.* Избранные труды, воспоминания. - Киев: Наукова Думка, 1950.
3. Письмо А.П. Завенягина, исх. №4235/16 от 18.03.1950.
4. Фонд ФЭИ, инв. №41.03, л. 2-11.
5. Фонд ФЭИ, инв. №41.03, л. 12.
6. Отчет И.В. Курчатова на НТС ПГУ об итогах работ в 1950 году (дело ПГУ № 36852, папка №1).

А.И. ЛЕЙПУНСКИЙ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ С ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ СВИНЕЦ-ВИСМУТ ДЛЯ АТОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

Г.И.Тошинский

ГНЦ РФ-Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск

Выбор эвтектического сплава свинец-висмут как теплоносителя для ядерных реакторов был сделан А.И. Лейпунским - выдающимся ученым и замечательным человеком еще до начала развертывания работ в СССР по атомным подводным лодкам (АПЛ).

Не могу сказать точно, когда это произошло, но летом 1950 г., когда в ФЭИ (тогда Объект «В» МВД СССР) была направлена на преддипломную практику группа студентов Физико-энергетического факультета МЭИ (Ю.В. Архангельский, Г.И. Тошинский и П.А. Ушаков), Александр Ильич (далее АИЛ) поручил нам провести расчет тепло-гидравлических характеристик быстрого реактора-бридера со свинцово-висмутовым теплоносителем (СВТ), нейтронно-физические параметры которого были оценены Л.Н.Усачевым.

Эта работа еще продолжалась некоторое время, пока не стало ясно, что из-за низкой энергонапряженности активной зоны быстрого реактора (БР) с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем (ТЖМТ) получить короткое время удвоения плутония невозможно.

По-видимому, первой работой, в которой достаточно всесторонне были оценены характеристики ЯЭУ с СВТ для атомных подводных лодок был дипломный проект выпускника МЭИ Б.Ф. Громова, выполненный под руководством АИЛа, защищенный летом 1951 г.

В плановом порядке работы по созданию АПЛ развернулись с августа 1952 г. после выхода соответствующего постановления Правительства.

К этому времени было уже известно, что в США ведутся работы по ЯЭУ двух типов: реакторы с водой под давлением на тепловых нейтронах и реакторы на промежуточных нейтронах с натриевым теплоносителем.

В условиях политического и военного противостояния Советскому Союзу нужно было быстро догонять США. Несмотря на тяжелое экономическое положение страны, еще не залечившей раны войны, огромные средства, выделяемые на создание ядерного оружия, работы по созданию АПЛ также были развернуты в двух направлениях: водо-водяные реакторы и реакторы с жидкометаллическим теплоносителем (ЖМТ).

Однако в отличие от США АИЛ предложил и обосновал в качестве ЖМТ эвтектический сплав свинец-висмут несмотря на его худшие теплофизические свойства в сравнении с натрием. Последующий опыт развития этих конкурирующих направлений подтвердил правильность выбора, сделанного АИЛом. После нескольких аварий на наземном стенде-прототипе и опытной АПЛ «Seawolf» работы в США по этому на-

правлению были прекращены.

В нашей стране после преодоления трудностей и неудач начального периода, когда не один раз возникал вопрос о закрытии направления, реакторная свинцово-висмутровая технология была освоена. Всего было построено два наземных стенда-прототипа и 8 АПЛ, эксплуатировалось 12 реакторов, общая наработка которых составила около 80 реакторо-лет.

Работы по развитию данного направления были высоко оценены государством: присуждены две Ленинские и одна Государственная премия, а А.И.Лейпунский к своему 60-летию был удостоен звания Героя Социалистического Труда.

В сохранении и развитии этого направления решающая роль принадлежит А.И. Лейпунскому, имевшему очень высокий авторитет в самых различных кругах. Он сумел простыми и ясными словами донести до сознания лиц, принимающих решения, потенциал, присущий реакторам данного типа.

Какие характерные особенности этой технологии были осознаны и конструкторами ЯЭУ, и проектантами АПЛ, и заказчиком – ВМФ.

1. Низкое давление в первом контуре, обусловленное очень высокой точкой кипения $\sim 1670^\circ\text{C}$. Это давало возможность

- уменьшить толщину стенок оборудования и трубопроводов и не вводить ограничение на маневренность ЯЭУ по условиям термоциклической прочности, обеспечить высокие маневренные качества АПЛ;
- исключить возможность потери теплоносителя вследствие его выкипания при нарушении герметичности первого контура и повысить безопасность;
- исключить проблемы возникновения кризиса теплоотдачи и повысить теплотехническую надежность активной зоны;
- существенно повысить температурный напор в парогенераторе (ПГ) и обеспечить более высокую компактность реакторной установки (РУ), что важно при создании АПЛ ограниченного водоизмещения;
- исключить необходимость быстрого вывода РУ из действия при возникновении межконтурной неплотности в ПГ, поступающий при этом в первый контур пар сепарируется на свободном уровне свинцово-висмутрового теплоносителя (СВТ) и конденсируется в конденсаторе газовой системы.

2. Химическая инертность теплоносителя, исключая экзотермические реакции при контакте СВТ с водой и воздухом, возможном в условиях аварийных ситуаций, что обеспечивало взрыво- и пожаробезопасность при нарушении герметичности первого контура,

3. Возможность получения перегретого пара повышенных (в сравнении с водяными реакторами) параметров, что позволяло повысить давление пара в конденсаторе турбины, уменьшить его габариты, диаметр корпуса и водоизмещение АПЛ.

4. Невысокая температура плавления СВТ ($\sim 125^\circ\text{C}$) обеспечивала возможность ремонта оборудования первого контура и перегрузки топлива без дренирования СВТ при поддержании его в жидком состоянии при температуре $160-180^\circ\text{C}$ за счет работы системы парового обогрева. Вместе с тем, неготовность инфраструктуры береговой базы вызвала необходимость работы РУ на мощности 0,5% от номинальной при стоянке АПЛ в базе для поддержания жидкого агрегатного состояния СВТ. Это вызвало справедливые нарекания ВМФ и потребовало разработки безопасного для оборудования режима «замораживания-размораживания» СВТ. Такой режим был разработан, однако внедрить его в практику в связи с принятым в середине 90-х годов решением о прекращении дальнейшей эксплуатации АПЛ этого типа не удалось.

Нужно сказать, что свойство СВТ затвердевать при 125°C в некоторых случаях играло и положительную роль. Например, при хранении выгруженной активной зоны

в баке с «замороженным» СВТ формируется дополнительный защитный барьер на пути выхода радиоактивности в окружающую среду.

5. Радиационную опасность полония-210, образующегося при захвате нейтронов висмутом, нельзя недооценивать. Она дала о себе знать в период проведения ремонтно-восстановительных работ на наземном стенде 27/ВТ, когда велись сварочные работы на трубопроводе с остатками СВТ на внутренней поверхности. Аэрозольная радиоактивность воздуха в центральном зале повысилась кратковременно на четыре порядка в сравнении с допустимой концентрацией. Это стало предметом специального разбирательства.

Помню высказывание одного руководящего работника института, что это «последний гвоздь в крышку гроба данного направления» (впоследствии он был удостоен Ленинской премии за эти работы). АИЛ, конечно, все это тяжело переживал. Однако поскольку значительного превышения допустимого содержания полония-210 в биологических пробах персонала обнаружено не было, и были отработаны исчерпывающие организационно-технические мероприятия по исключению выбросов полония-210 в воздух при различных видах работ и по индивидуальной и коллективной защите персонала от попадания полония-210 внутрь организма, было принято решение о продолжении работ. Последующий мониторинг облучаемости персонала (как экипажей АПЛ, так и гражданских специалистов) по этому радионуклиду показал, что ни у кого из обследованных содержание полония-210 в организме не превышало допустимых пределов. Все это позволило сделать вывод о том, что проблема обеспечения радиационной безопасности эксплуатационного персонала РУ с СВТ была успешно решена*.

6. Особое место в полной драматизма эпопее освоения реакторов с СВТ для АПЛ заняла проблема технологии теплоносителя. Под этим словосочетанием понимается контроль и поддержание требуемого качества теплоносителя в ходе эксплуатации РУ.

Важность этой проблемы была понята после аварии реактора на первой опытной АПЛ проекта 645 (1968 г.). Соответствующие методы и устройства были разработаны еще позднее, когда завершалось строительство запланированной серии АПЛ проектов 705 и 705К. Поэтому разместить необходимые устройства как штатные в составе РУ не удалось. Часть устройств была сконструирована в базовой установке, требовавшей один раз в год подключения к РУ. Эти мероприятия обеспечили решение проблемы, но, конечно, осложняли базовое обслуживание АПЛ. Это обстоятельство вызывало недовольство ВМФ и было в числе одной из причин, приведших к решению о прекращении эксплуатации АПЛ.

Следует отметить, что при разработке РУ следующего поколения этот опыт был полностью учтен. Все устройства контроля и поддержания качества теплоносителя (необходимо управлять лишь одним параметром – содержанием растворенного в СВТ кислорода) размещены в составе РУ как штатные, действуют автоматически и не требуют какой-либо специальной базовой инфраструктуры. Однако это было уже после Александра Ильича.

Вспоминая события истории освоения свинцово-висмутовых реакторов и жизни АИЛа с чередующимися светлыми и темными периодами можно только поражаться его самообладанию и мужеству, глубокой вере в правильность выбранного пути несмотря на все возникающие проблемы.

Одна из первых проблем возникла в самом начале работ при обосновании нейт-

* В 1990 г. стала известна работа медиков США, проведших сравнительный ретроспективный анализ смертности 5000 работников, занятых в производстве полоний-бериллиевых источников нейтронов для ядерного оружия в период 1945-1950 гг. со смертностью контрольной группы такого же возрастного состава, не имевшей контакта с полонием. Результаты анализа показали отсутствие какой-либо корреляции в уровне смертности в этих группах.

ронно-физических характеристик реактора с промежуточным спектром нейтронов, который формировался в активной зоне из-за большой утечки нейтронов, обусловленной малыми размерами реактора и использованием бериллиевого замедлителя.

Если для реакторов с тепловым и быстрым спектрами нейтронов уже существовали какой-то минимум ядерных констант и расчетно-методическая база, созданные для промышленных уран-графитовых реакторов и ядерного оружия, то для расчета реакторов с промежуточным спектром нейтронов почти ничего не было.

АИЛ поставил перед В.А.Кузнецовым задачу создать критическую сборку с промежуточным спектром нейтронов, на которой можно было бы проверить методы и константы для расчета промежуточного реактора.

Поскольку тогда не было в наличии необходимого количества бериллия, последний моделировался по значению возраста нейтронов графитом, пропитанным парафином.

Однако первый же эксперимент показал, что реактор, который по расчету должен быть критическим, на деле оказался глубоко подкритическим.

Позднее из экспериментов, выполненных в ЛИПАН (теперь Курчатовский институт), стало ясно, что основная причина этого связана со значительным (в 2-3 раза) увеличением отношения сечения радиационного захвата к сечению деления для урана-235 в промежуточной области энергий нейтронов.

Это потребовало увеличения размеров активной зоны и объемной доли бериллиевого замедлителя.

По уточненным расчетам была создана новая критсборка (1954 г.) с промежуточным спектром нейтронов с парафиновым замедлителем. Во время набора критмассы (эксперимент проводился ночью) произошел разгон реактора на мгновенных нейтронах. АИЛ, присутствующий на эксперименте, вместе с группой физиков-экспериментаторов были срочно госпитализированы в Москве. Наиболее серьезно пострадал А.В. Малышев, которому ампутировали кисть. Участники этого эксперимента Ю.А. Прохоров и Л.А. Чернов продолжают и сегодня работать в ФЭИ.

На разбирательстве, проводимом Е.П. Славским, АИЛ принял всю ответственность на себя. Хотя организационных выводов и не последовало, несомненно, этот разгон оставил свою зарубку на сердце АИЛа.

Работа продолжалась, на здании 75 ФЭИ пущен наземный стенд-прототип 27/ВТ (1958 г.). АИЛ принимает поздравления «с легким паром». Вскоре после этого реакторная установка демонстрирует успешную работу на уровне мощности 60% от номинальной непрерывно в течение двух месяцев. Подтверждена возможность эксплуатации РУ при постоянной течи ПГ до 10 кг/ч (первые модификации ПГ не отличались высокой надежностью). Министр судостроительной промышленности СССР Б.Е. Бутoma и Главнокомандующий ВМФ адмирал С.Г. Горшков поздравляют АИЛа с этим результатом. Принимается решение о строительстве большой серии АПЛ.

Однако радостное настроение, вызванное этими событиями, продержалось недолго. Обнаружились течи теплоносителя по вспомогательным трубопроводам первого контура. Причина была связана со сквозным коррозионным повреждением труб, выполненных из нержавеющей стали, но не с внутренней стороны, где сталь контактировала с теплоносителем, а с наружной, где трубы, покрытые теплоизоляцией, контактировали с воздухом.

Дело оказалось в том, что вода поступала из-под крышек ПГ из-за неправильно выбранной конструкции и материала прокладок.

Тем временем в Северодвинске, где АИЛ стал частым гостем, продолжалось строительство первой опытной АПЛ проекта 645 с двумя реакторами, охлаждаемыми СВТ. В 1963 г. АПЛ успешно прошла государственные испытания и сдана ВМФ. АИЛ при-

нимает поздравления от председателя Правительственной комиссии вице-адмирала Г.Н. Холостякова.

В декабре 1963 г. в Доме культуры ФЭИ торжественно отмечается 60-летие Александра Ильича. Присутствуют академики А.П. Александров, Ю.Б. Харитон, большое количество адмиралов. АИЛу вручается Золотая звезда Героя Социалистического Труда. Один из выступавших, тогдашний директор ХФТИ, академик Украинской Академии наук, М.В. Пасечник назвал Александра Ильича очень емким словом «фундатор». И действительно, АИЛ не был «продолжателем» он был основателем.

Вскоре после этого АПЛ проекта 645 совершила рекордный для того времени автономный поход, проведя под водой без всплытия около двух месяцев, скрытно прошла в Средиземное море и только там позволила обнаружить себя американцам. Командиру АПЛ И.И. Гуляеву присваивается звание Героя Советского Союза. Он дает высокую оценку ядерной установке. На двух судостроительных заводах в Ленинграде и Северодвинске разворачивается строительство большой серии АПЛ проекта 705 (705К), которые уже тогда называли кораблями XXI века: малое водоизмещение, высокие скорость и маневренность (качество подводного истребителя), ядерная установка с ЖМТ, титановый корпус, комплексная автоматизация (малочисленный экипаж), уникальные блочная турбоустановка и электроэнергетическая система с частотой тока 400 герц и многое другое.

Однако в жизни и АИЛа и направления ЖМТ снова наступала темная полоса. 24 мая 1968 года на реакторе левого борта АПЛ проекта 645 произошла тяжелая авария с плавлением части активной зоны.

Если причина аварии была связана с неизученностью технологии СВТ, отсутствием научно обоснованных требований к качеству теплоносителя, методов и средств контроля и поддержания требуемого качества теплоносителя в процессе эксплуатации, что было обусловлено недостаточным опытом и крайне сжатыми директивными сроками строительства АПЛ, продиктованными политической обстановкой (гонка вооружений была в разгаре).

Строительство серии АПЛ проектов 705 (705К) было приостановлено до разработки технических мероприятий, исключающих такие аварии на строящихся АПЛ. Решение этой задачи было взято под контроль Военно-промышленной комиссией при Совете Министров СССР.

После реализации первоочередных мероприятий строительство АПЛ было продолжено и первая опытная АПЛ этого проекта (заказ 900) постройки Ленинградского Новоадмиралтейского завода в 1970 г. была предъявлена к испытаниям. Нужно вспомнить, что это был год столетия со дня рождения В.И. Ленина и год окончания очередной пятилетки. Никакие силы не могли препятствовать стремлению вовремя отрапортовать о достигнутых успехах, поэтому строительство этой АПЛ шло в большой спешке с огромным количеством отступлений от требований технической документации, что и дало о себе знать в период испытаний и опытной эксплуатации этой АПЛ, акт о приемке которой в состав ВМФ был подписан вечером 31 декабря 1971 года председателем Правительственной комиссии адмиралом флота Г.М. Егоровым.

Однако еще при жизни Александра Ильича, весной 1972 г. (АИЛ скончался 14 августа 1972 г.) было принято решение о прекращении опытной эксплуатации, выводе АПЛ из состава ВМФ для проведения ревизии реакторной установки ОК-550 для определения причин выхода ее из строя (потеря герметичности вспомогательных трубопроводов первого контура на двух петлях теплообмена из трех).

По результатам ревизии были разработаны и внедрены на серийных АПЛ исчерпывающие мероприятия, полностью исключившие, как показал опыт их эксплуатации, повторение подобных отказов. В заключении комиссии, проводившей ревизию, спе-

циально отмечено, что причины выхода из строя реакторной установки не связаны с использованием жидкометаллического теплоносителя.

Многие командиры этих АПЛ в своих воспоминаниях дают очень высокую оценку подводной лодке, в том числе и ее ядерно-энергетической установке.

Сегодня можно считать общепризнанным, что под руководством Александра Ильича Лейпунского создано новое направление ядерной энергетики, в промышленном масштабе продемонстрирована уникальная реакторная технология.

В настоящее время сложились условия для использования этой технологии в гражданской ядерной энергетике. Исследования последних лет, выполненные во многих странах и, прежде всего, в России показали, что быстрые реакторы с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем позволяют одновременно, без внутренних противоречий, повысить безопасность АЭС и улучшить их экономические показатели. Именно поэтому они рассматриваются как перспективные для будущей ядерной энергетики крупного масштаба.

В 1998 г. в Обнинске прошла первая международная конференция «Тяжелые жидкометаллические теплоносители в ядерных технологиях». В декабре 2003 г. в дни 100-летнего юбилея А.И. Лейпунского пройдет вторая международная конференция по этим проблемам. То, с чего начинал АИЛ в 1950 г., сегодня начинает интенсивно развиваться.

Конечно, в своей работе по рассматриваемому направлению АИЛ опирался на многих специалистов. Невозможно их всех перечислить, да это и не входит в задачи данной статьи. Однако основных действовавших лиц следует упомянуть. В ФЭИ это Б.Ф. Громов, К.И. Карих, В.А. Кузнецов, В.А. Малых, Д.М. Овечкин, В.Н. Степанов, В.И. Субботин, в ОКБ «Гидропресс» – Б.М. Шолкович, В.В. Стекольников, Е.В. Куликов, Г.А. Тачков, В.А. Чистяков, в ОКБМ – И.И. Африкантов, Ф.М. Митенков, Н.М. Царев, М.В. Смирнов.

В заключение автор данных заметок хочет принести свои извинения читателю за возможные неточности, поскольку предлагаемый материал является воспоминаниями, а не документальным исследованием.

А.И. ЛЕЙПУНСКИЙ И ЯДЕРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А.В. Зродников, В.И. Ионкин

ГНЦ РФ-Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск

Значительная часть доклада написана по материалам письменных [1-3] и устных воспоминаний старейших сотрудников ФЭИ: В.Я. Пупко, Ф.П. Раскача, Э.Е. Петрова, В.А. Коновалова, В.Г. Петровского и других, работавших под руководством А.И. Лейпунского длительное время.

Рассказать о роли А.И. Лейпунского в зарождении и становлении в ФЭИ и в советской науке космической ядерной энергетики означает рассказать о том нелегком пути, который прошли ученые и специалисты космического реакторостроения при разработке, создании, испытании и эксплуатации космических ядерных установок. Эти установки обладают наивысшей сложностью в машиностроении, т.к. объединяют в себе две самые технически сложные отрасли: космическую и реакторную.

Большая трудность заключалась также в том, что работа происходила на стыке физики и техники. Сложность состояла не только в том, что надо было иметь надлежащий кругозор в различных областях науки и техники, но и в том, что необходимо было все время взаимодействовать со специалистами многих смежных организаций. Это обычно очень непростое дело. А Александр Ильич, будучи, в сущности, специалистом-физиком, всегда решительно вторгался в смежные отрасли науки и техники, не жалея времени и сил на восполнение недостающих знаний и побуждая к этому своих партнеров по общему делу. Причем он всегда добивался умения говорить «на равных» с представителями других профессий: материаловедами, технологами, теплофизиками, конструкторами реакторной и космической техники и т.д. Это позволяло Александру Ильичу осуществлять научное руководство сложными комплексными разработками ядерных установок космического назначения. Он неизменно пользовался большим авторитетом в научных и технических кругах благодаря своим знаниям, умению взаимодействовать с партнерами по сложной комплексной разработке.

Александр Ильич, какова бы ни была его загруженность руководящей деятельностью, и сам подавал пример личной научной работы, хотя редко выступал с персональными статьями и докладами; публикации с его участием были, как правило, коллективными в соответствии с характером работы в институте. Крупный физик-экспериментатор, он, конечно, уже не имел возможности сам проводить эксперименты, его научная работа состояла, прежде всего, в чрезвычайно тщательном чтении отчетов, журналов и прочей литературы, сопровождающемся проверками, выкладками и т.д., в постоянном обдумывании работы дома, во время прогулок, в машине. Обсуждения у Александра Ильича выполненных или затеваемых работ были глубокими и интересными. Все с нетерпением ждали обсуждения у него результатов своих исследований. Он редко диктовал постановку тех или иных конкретных задач или способа их решения и высоко ценил инициативу своих сотрудников. Александр Ильич отлично понимал, что продвижение вперед происходит лишь в результате творческой работы людей на самом высоком научном и профессиональном уровне. Этим он руководство-

вался сам, этого требовал и от сотрудников.

Александр Ильич с нетерпением ждал получения новых результатов. Он требовал, например, чтобы ночью ему звонили домой и докладывали полученные данные во время ночных первых петлевых экспериментов с термоэмиссионным электрогенерирующим каналом. А заболев, приглашал домой и, лежа в постели, изучал материалы, включая первичные журналы с экспериментальными цифрами.

Александр Ильич умел также убеждать начальство в том, что было выгодно для дела. Ему как-то пришлось исправлять ошибку, сделанную другими ранее. В одном из постановлений было записано, что испытательная база для отработки ядерной термоэмиссионной установки «Топаз» должна была сооружаться не в ФЭИ, а в другой, смежной организации. Конечно, нельзя было упускать такое новое и прогрессивное дело. Александр Ильич сумел убедить в этом приехавшего заместителя министра. Было подготовлено техническое задание, по которому испытательная база для отработки установки «Топаз» выглядела как пристройка к одному из существующих зданий промплощадки. Это техническое задание было утверждено руководством. Ну а в дальнейшем пристройка превратилась в самостоятельное здание, которое по размеру значительно превысило основное. Проведенные в нем энергетические испытания первой в мире термоэмиссионной ядерной установки вывели вперед нашу страну в перспективной области ядерной техники. Это признали ученые из США, Франции и других стран, посещавшие здание, а также участники ряда международных конференций, где представлялись доклады с результатами проведенных исследований.

Александр Ильич был идеологом и стоял у истоков всех важнейших направлений работ, развивающихся в ФЭИ, в том числе и использования ядерной энергии для исследования космоса. Первой работой в институте в этом направлении была работа по ядерным ракетным двигателям (ЯРД), начатая здесь в 1951 г. Она возникла из оценок характеристик ЯРД для баллистических ядерных ракет, выполненных И.И. Бондаренко и В.Я. Пупко. Оценки проведены для водородного теплоносителя и других, более тяжелых, рабочих тел (аммиак, спирт и др.). Эти оценки были в дальнейшем систематизированы в отчете ФЭИ «Баллистическая атомная ракета (БАР)», выпущенном в 1954 г. Отчет был послан в наше Министерство и компетентные организации страны: ОКБ-1 (С.П. Королев), ОКБ-456 (В.П. Глушко), НИИ-1 (М.В. Келдыш). С представителями этих организаций неоднократно происходили многочисленные дискуссии. Руководство ФЭИ (Д.И. Блохинцев, А.И. Лейпунский), принявшее активное участие в проработке ЯРД, организовывало такие обсуждения на самом высоком уровне. Были совещания у министра А.П. Завенягина, и даже удалось организовать приезд в ФЭИ С.П. Королева, В.П. Мишина, В.П. Глушко и других главных специалистов по ракетной технике.

Предложенный ЯРД мог создавать тягу на Земле около 200 тонн, реактор использовался двухзонный, гомогенный. Выходная температура рабочего тела - водорода перед соплом должна была составлять порядка 3000 К. Главное возражение ракетчиков по предложению ФЭИ было в использовании водорода, который в жидком состоянии обладает аномально низкой плотностью и поэтому требует применения больших баков. К тому же, водород в них надо поддерживать в криогенном состоянии, что непросто. В ФЭИ были сделаны достаточно убедительные оценки веса и размеров баков и всей ракеты в целом и показана большая перспективность водорода в качестве рабочего тела ракет (удельный импульс составляет ~ 900 с, что более чем вдвое выше удельного импульса от перспективных ракетных химических топлив). ФЭИ настаивал на выборе этого рабочего тела для ЯРД, где это особенно перспективно, т.к. атомы водорода не смешиваются с более тяжелыми атомами кислорода в камере сгорания, как это требуется для обычных ракет. Тем не менее, по настойчивому требованию ракетчиков были организованы совместные проработки ЯРД и баллис-

тических ракет с традиционными рабочими телами (аммиак, гидразин, спирт и др.) Эти исследования подтвердили правильность выбора водорода в качестве тела ЯРД.

В предложенных проектах ЯРД рассматривались тяги более сотни тонн и ресурсы работы реактора несколько минут. За период с 1956 по 1965 гг. в ФЭИ совместно с ОКБ-456 (В.П. Глушко) и НИИ-1 (М.В. Келдыш) были рассмотрены варианты двигательных и испытательных реакторов с различными замедлителями и выработаны оптимальные способы и пути решения проблемы разработки ЯРД.

Позже, стремясь к применению минимальной по масштабу ракеты небольшой тяги, начались проработки малогабаритных гетерогенных реакторов с гидридом циркония в качестве замедлителя и бериллиевым отражателем, в которых каналы с твэлами отделялись от замедлителя мощной волокнистой термоизоляцией из графита.

Работы по реакторам такого типа начиная с 1966 г., проводились ФЭИ как организацией Научного руководителя совместно с Главным конструктором Воронежским ОКБ А.Д. Конопатова (КБХА) и отделом Ю.А. Трескина в НИИ-1.

Именно реакторы такого типа с гидридциркониевым замедлителем на тягу 3,6 тонны (ИР-100 или более позднее название «ИРГИТ») были изготовлены и прошли огневые испытания на стендовой базе «Байкал» около города Семипалатинска.

Реактор ИР-100 имел активную зону гетерогенного типа: замедлитель - гидрид циркония $ZrH_{1,8}$, в котором расположены с переменным шагом 37 каналов с высокотемпературными твэлами (разработки НПО «Луч»). Твэлы представляют собой закрученные по винтовой линии пластинки («шторки») из твердого раствора карбида урана с карбидом циркония, в каждом канале - плотная упаковка твэлов. Переменная концентрация урана в замедлителе позволяет выровнять мощность отдельных каналов по радиусу активной зоны с неравномерностью лучше 10%. Отражатель реактора сделан из бериллия. В нем расположено 12 регулирующих органов поворотного типа из бериллия с накладками из карбида бора. Номинальная мощность реактора ИР-100 ~ 190 МВт.

Для разработки этого реактора в ФЭИ были проведены многочисленные нейтронно-физические расчеты и создан специальный физический стенд «Стрела», имитирующий проектируемый реактор.

В 1977 г. на стендовом комплексе «Байкал» был осуществлен физический пуск первого реактора ИР-100, а в 1978 г. был проведен его энергетический пуск и огневые испытания. В конце 70-х - начале 80-х гг. на стендовом комплексе проведены еще две серии испытаний - второго и третьего экземпляров реактора ИР-100.

В целом, натурные испытания показали принципиальную правильность выбранных нейтронно-физических и конструктивных решений.

Работы велись широким фронтом и подготовка первого ЯРД к летным испытаниям технически была делом нескольких лет. Но, к сожалению, нашелся ряд причин, почему эта работа не была доведена до конца.



Рис. 1. Макет ЯРД

Таблица

Некоторые параметры огневых испытаний стендового прототипа реактора экспериментального ЯРД

Параметр	Изделие №1			Изделие №2
	Порядковый номер и дата испытания			
	1 27.03.78	2 03.07.78	3 11.08.78	1 25.12.81
Мощность, МВт	24	33	42	63
Длительность работы на мощности, с	70	93	90	38
Расход рабочего тела, кг/с	1,18	1,46	2,01	1,8
Температура рабочего тела на выходе из ТВС, К	1590	2630	2600	2500
Давление рабочего тела, МПа:				
- на входе в корпус реактора	5,8	9,3	10,4	12,5
- на входе в ТВС	1,9	2,2	2,4	3,3
- на выходе из ТВС	1,1	1,2	1,3	1,4
Средняя температура материала, К:				
- замедлителя	405	397	398	530
- отражателя	356	381	371	420

ФЭИ принимал также участие в разработке реактора для ЯРД схемы «В» с активной зоной, находящейся в газофазном состоянии. Эта схема была предложена для разработки В.М. Иевлевым из НИИ-1. Схема, по мнению ученых ФЭИ, представлялась достаточно сложной. Однажды на большом совещании у Президента АН СССР М.В. Келдыша рассматривались различные космические проекты будущего, в том числе и схема «В». На совещании длинную речь держал В.М. Иевлев. Обращаясь к А.И. Лейпунскому, Виталий Михайлович предложил ему фантастическое новшество: разрабатывать большую энергетику с быстрыми реакторами по схеме «В». Для этого замедляющий нейтроны отражатель предлагалось заменить на естественный уран. Реактор при этом должен был иметь диаметр активной зоны 2 метра при давлении газообразного гексафторида урана 800 атмосфер. На вопрос В.Я. Пупко, не надумал ли Александр Ильич во время страстной речи В.М. Иевлева заниматься газофазными реакторами на быстрых нейтронах вместо своих традиционных реакторов с жидкометаллическим охлаждением, А.И. Лейпунский покачал головой и ответил: «Нет, я как-то устоял!»

Разработка космических ЯЭУ в ФЭИ началась в 1956 г., когда стало известно, что в ОКБ-1 (С.П. Королев) разрабатывается ракета-носитель Р-7, способная вывести на орбиту искусственного спутника Земли (ИСЗ) относительно большой груз. У сотрудников ФЭИ во главе с И.И. Бондаренко возникла мысль о возможности запуска в космос ИСЗ, имеющего на борту ЯЭУ. Идея была поддержана А.И. Лейпунским. С.П. Королев также поддержал это предложение и включил в Постановление ЦК КПСС и СМ СССР по созданию мощной ракеты-носителя, предназначенной, в частности, для полета на Луну, пункт о разработке космической ЯЭУ. Конструкторские работы по проектированию ЯЭУ (~ 5 кВт электрической мощности) удалось организовать в ОКБ-670 Министерства авиационной промышленности (Главный конструктор) (М.М. Бондарюк). ФЭИ - научный руководитель работ. После проработок ЯЭУ с машинным преобразованием энергии (ртутный и калиевый пар, газотурбинная схема) и других вариантов предпочтение было отдано схеме прямого преобразования с полупроводниковыми элементами.

Разработка полупроводниковой батареи на заданный ресурс 1,5 месяца была сделана Сухумским физико-техническим институтом. Батарея состояла из высокотемпературного (кремний-германий) и низкотемпературного каскадов. Горячие спаи нагревались натрий-калиевым сплавом с температурой 700°C, холодные спаи охлаждались натрий-калием второго контура, который сбрасывал тепло в холодильнике-излучателе при 300-400°C.

Космическая установка получила наименование ЯЭУ «Бук». Для нее был разработан компактный ядерный реактор на быстрых нейтронах. Активная зона заключена в тонкий шестигранный корпус, в котором устанавливались в плотной упаковке 37 твэлов. Каждый содержал блочки из уран-молибденового сплава и торцевые бериллиевые отражатели. За корпусом размещался бериллиевый отражатель, в котором параллельно перемещались бериллиевые стержни - органы регулирования. Отражатель выполнен в виде отдельных деталей, стянутых тремя стальными лентами. При аварийном вхождении в атмосферу из космоса эти ленты перегорают и отражатель разваливается.

Физика реактора отрабатывалась в ФЭИ на специально созданном критическом стенде. Твэлы испытывались на ресурс в ампульном канале реактора «АМ».

На стенде для наземных энергетических испытаний в Лыткарино были проведены испытания четырех термоэлектрических ЯЭУ «БУК», которые предшествовали большой серии летных и штатных запусков.

Первые летные испытания состоялись 3 октября 1970 года («Космос»-367»). Всего было выполнено 33 запуска ЯЭУ «Бук» в космос. Каждая установка проработала разное время на орбитах 280-240 км (апогей-перигей) и выработала полезную электрическую мощность 2,3-2,5 кВт. Максимальный наработанный ресурс у одной установки составил 135 суток. Последний космический аппарат (КА) с ЯЭУ «Бук» («Космос-1933») был запущен на орбиту ИСЗ 15.03.88г., после чего запуски были прекращены, хотя Заказчик и настаивал на продолжении работы.

Разработка термоэмиссионных ЯЭУ началась в 1958 г., когда стало известно о готовящихся в Лос-Аламосской Национальной лаборатории реакторных экспериментах с одноэлементными образцами электрогенерирующих элементов.

У истоков развития проблемы термоэмиссии в СССР стояли доктора И.И. Бондаренко и В.Я. Пупко, сумевшие заинтересовать этой задачей группу энтузиастов в ФЭИ и за его пределами («Красная Звезда», «Энергия» и др.). Большой вклад в становление направления, в создание термоэмиссионной ЯЭУ «Топаз», научно-исследовательской и испытательной базы для нее внес Александр Ильич Лейпунский.

На развитие термоэмиссии в ФЭИ решающее влияние оказали обнадеживающие результаты первых реакторных экспериментов на реакторе БР-5 в 1961 году. Уже первый петлевой образец термоэмиссионного преобразователя (ТЭП) стал основой

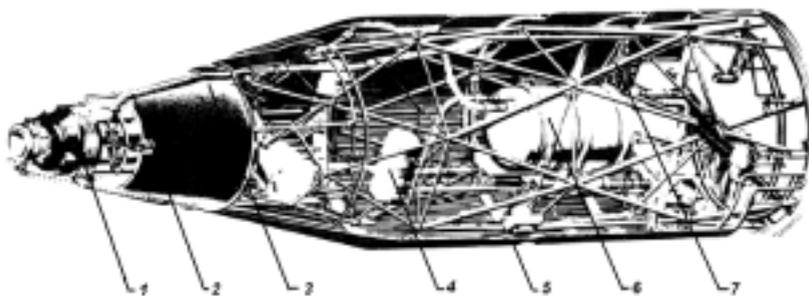


Рис. 2. Компоновочная схема ЯЭУ «Бук»: 1 – реактор; 2 – трубопровод жидкометаллического контура (ЖМК); 3 – радиационная защита (РЗ); 4 – компенсационный бак ЖМК; 5 – холодильник-излучатель (ХИ); 6 – ТЭГ; 7 – силовая рамная конструкция

для всех дальнейших разработок: катод ТЭП был изготовлен из двуокиси урана и покрыт молибденовой оболочкой. В дальнейшем развивалась следующая конструкция ТЭП: трубка из молибдена или вольфрама, внутри сердечники из окиси урана, затем зазор с парами цезия и анодная трубка из ниобиевого сплава.

Для ресурсных испытаний электрогенерирующих каналов (ЭГК) в 1962 г. в реакторе Первой атомной станции «АМ» была создана и стала эксплуатироваться «петля прямого преобразования». На ней было испытано более сотни различных термоэмиссионных ЭГК.

Уже в 1965 г. после проработки ФЭИ (научный руководитель) совместно с конструкторской организацией ММЗ «Союз» (Главный конструктор Г.Л. Лившиц) (позже ГП «Красная Звезда» (Г.М. Грязнов) различных вариантов термоэмиссионных реакторов-преобразователей (РП) с ЭГК в многоэлементном и одноэлементном исполнении был выбран основной вариант РП «Топаз» с гидридциркониевым замедлителем и многоэлементными ЭГК.

Реактор-преобразователь ЯЭУ «Топаз» является промежуточным по спектру нейтронов. В активной зоне расположено 79 ЭГК. Переменный шаг между ЭГК (в центре активной зоны ЭГК расположены гуще, на периферии - реже) уравнивает мощность, снимаемую с каждого канала, с неравномерностью лучше, чем 10%. Отражатель - бериллиевый. В нем размещены 12 поворотных органов регулирования, которые также сделаны из бериллия. Они имеют накладку из карбида бора.

Номинальная тепловая мощность ~ 150 кВт, электрическая - 7 кВт, из которых 5 кВт являются полезными, а 2 кВт идут на обеспечение циркуляции теплоносителя с помощью электромагнитных насосов.

Расчетно-теоретические и экспериментальные исследования физики реакторов-преобразователей и защиты космических ЯЭУ проводились в отделении В.Я. Пупко. Конструкторско-технологические и материаловедческие разработки термоэмиссионных ЭГК и их изготовление были сделаны в отделении В.А. Мальха, работы по теплофизике и жидкометаллическому теплоносителю - в отделении В.И. Субботина.

Для проведения наземных энергетических испытаний термоэмиссионных ЯЭУ в ФЭИ был сооружен уникальный испытательный стенд, оснащенный всеми системами для испытаний полноразмерных ЯЭУ (вакуумная камера, отделение дистанционной резки, стапель сборки реактора и стапель общей сборки ЯЭУ в целом и др.). На первом этапе в 1970 г. реактор-преобразователь успешно прошел полномасштабные энергетические испытания. Затем, после доработки, подбора лучших материалов и усовершенствований, связанных с увеличением ресурса и повышением выходных характеристик, он был подготовлен к испытаниям в составе ЯЭУ. Всего на испытательном стенде были проведены ресурсные энергетические испытания 7 образцов ЯЭУ, из них 2 установки прошли контрольно-сдаточные испытания перед пуском в космос. Эти испытания имитировали автономный запуск установок в космосе совме-

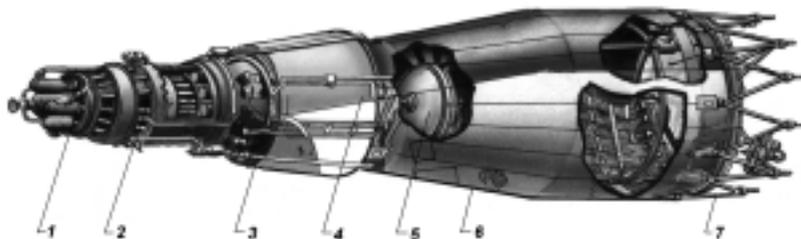


Рис. 3. Конструктивно-компоновочная схема ЯЭУ «Топаз»: 1 – блок системы подачи пара цезия и приводов органов регулирования; 2 – ТРП; 3 - трубопровод ЖМК; 4 – РЗ; 5 – компенсационный бак ЖМК; 6 – ХИ; 7 – рамная конструкция

стно с системой автоматического управления (САУ).

Первый летный образец ЯЭУ «Топаз» («Космос-1818») был запущен в космос 2 февраля 1987 года, когда ИСЗ был выведен на орбиту 810/790 км. Ядерная энергоустановка проработала в космосе около полугода до исчерпания имеющегося на борту запаса цезия.

Второй образец «Топаза» («Космос-1876») был запущен 10.07.87г. также на безопасную орбиту 813/797 км. Он проработал на этой орбите около года также до исчерпания запаса цезия.

Разница в длительности ресурса этих установок обусловлена тем, что в первой установке в качестве эмиттеров ЭГК использовался молибден, а во второй - вольфрам. Вольфрам имеет примерно вдвое меньшее оптимальное давление паров цезия, вследствие чего в процессе испытаний расход цезия был вдвое меньше, и того же самого запаса цезия хватило на вдвое больший ресурс. Электрическая мощность ЯЭУ «Топаз» с помощью САУ поддерживалась на постоянном уровне, хотя тепловая мощность реакторов несколько повышалась из-за ухудшения КПД.

Эти летные испытания были первыми (и единственными) в мире испытаниями ЯЭУ термоэмиссионного типа и были высоко оценены мировой общественностью.

Сообщение о роли А.И. Лейпунского в создании энергетических и двигательных установок для летальных аппаратов на ядерной энергии будет неполным, если ограничиться только космосом. Александр Ильич также очень интересовался и оказал большое влияние на разработку авиационных ядерных силовых установок (АЯСУ).

Началом работ по АЯСУ в ФЭИ можно считать выпуск инициативного отчета, в котором была сделана оценка параметров воздушно-реактивного двигателя. Отчет в результате попал в Центральный институт авиационных моторов (ЦИАМ). Затем по их инициативе были выпущены совместные с ФЭИ отчеты по сверхзвуковым самолетам с АЯСУ для турбореактивного двигателя и по дозвуковому самолету с АЯСУ для турбовинтового двигателя (ТВД). Все эти установки использовали жидкометаллические теплоносители.

Отчеты, написанные ФЭИ совместно с ЦИАМ, были разосланы в конструкторские организации МАП, в частности в ОКБ Н.Д. Кузнецова (г.Куйбышев) и в ОКБ А.Н. Туполева.

Далее произошли многочисленные совещания и проработки, которые вылились в предэскизный проект АЯСУ для ТВД атомного варианта туполевского самолета ТУ-95. В ОКБ А.Н. Туполева и Н.Д. Кузнецова при полном согласии ФЭИ проработали такую модификацию ТУ-95, у которого из четырех ТВД два имели обычное химическое топливо, а два имели снабжение от реактора мощностью 60 МВт, который охлаждался натрием с верхней температурой 900°C.

Для создания самолета ТУ-95 с АЯСУ А.Н. Туполев оценил финансирование в размере 1 миллиард рублей. В финансировании в таких объемах ему было отказано. Это и определило в нашей стране участь атомной авиации, что, по-видимому, явилось правильным решением в свете современных позиций, особенно с учетом Чернобыльской аварии.

Необходимо также упомянуть о контактах ФЭИ в области АЯСУ с ОКБ О.К. Антонова, создавшем крупные самолеты «Антей», «Руслан» и «Мрию». Расчетные и проектно-конструкторские проработки АЯСУ для самолетов этого типа на стадии НИР также были проведены.

Еще одним из несостоявшихся устройств авиационного типа явилась установка под названием экранолет. В шестидесятых годах появилось весьма интересное новшество: летательный аппарат на воздушной подушке (эканолет, экраноплан). Инициатором разработок было КБ Р.Е. Алексеева (г. Горький). Н.Д. Кузнецов предложил

Р.Е. Алексееву использовать компрессоры ТВД (без винтов) для создания воздушной подушки. Он предложил это сделать, используя атомную энергию, которой под влиянием ФЭИ очень увлекся.

К сожалению, эта работа также была закрыта одновременно с отказом А.Н. Туполеву в разработке атомной авиации.

В заключение необходимо упомянуть об очень интересной работе под названием «АИСТ», которая была проделана с помощью ОКБ О.К. Антонова. Для изучения проблем авиационной защиты от излучений реактора был переоборудован самолет «Антей».

КЯЭУ «БУК»

с термоэлектрическим преобразованием, вынесенным из активной зоны

1970-1988гг.: 33 запуска в космос

- мощность электрическая ~ 3 кВт
- мощность тепловая ~ 100 кВт
- достигнутый ресурс: 135 суток
- масса ЯЭУ: ~ 930 кг
- удельная электрическая мощность ~ 2,5 Вт/кг

КЯЭУ «ТОПОЛЬ» («ТОПАЗ»)

с термоэмиссионным преобразованием, встроенным в активную зону

1987-1988гг.: 2 запуска в космос

- мощность электрическая ~ 6 кВт
- мощность тепловая ~ 150 кВт
- достигнутый ресурс 343 суток
- масса ЯЭУ ~ 1200 кг
- удельная электрическая мощность ~ 4,0 Вт/кг

КЯЭУ «ТЭМБР-М»

с комбинированным преобразованием энергии:

– термоэмиссионным, встроенным в активную зону на транспортном режиме

– термоэлектрическим, вынесенным из активной зоны на режиме энергопитания КА

- Электрическая мощность:
 - на транспортном режиме ~ 400 кВт
 - на режиме энергопитания ~ 200 кВт
- Ресурс:
 - на транспортном режиме 0,5 года
 - на режиме энергопитания 20 лет
- Масса ЯЭУ ~ 13000 кг
- Удельная электрическая мощность:
 - на транспортном режиме ~ 30 Вт/кг
 - на режиме энергопитания ~ 15 Вт/кг

КЯЭУ «БУК-ТЭМ»

с термоэлектрическим преобразованием, вынесенным из активной зоны

- Электрическая мощность:
 - на транспортном режиме ~ 100 кВт
 - на режиме энергопитания ~ 50 кВт
- Ресурс:
 - на транспортном режиме 1 год
 - на режиме энергопитания 10 лет
- Масса ЯЭУ ~ 8000 кг
- Удельная электрическая мощность:
 - на транспортном режиме ~ 16 Вт/кг
 - на режиме энергопитания ~ 8 Вт/кг

КЯЭУ «Эльбрус»

с термоэмиссионным преобразованием, вынесенным из активной зоны

- Электрическая мощность:
 - на транспортном режиме ~ 400 кВт
 - на режиме энергопитания ~ 200 кВт
- Ресурс:
 - на транспортном режиме 0,5 года
 - на режиме энергопитания 15 лет, с доведением до 20 лет
- Масса ЯЭУ ~ 8700 кг
- Удельная электрическая мощность:
 - на транспортном режиме ~ 46 Вт/кг
 - на режиме энергопитания ~ 23 Вт/кг

В течение 1972 г. было выполнено 16 полетов под г.Семипалатинском самолета, который имел на борту водо-водяной реактор мощностью до 100 кВт. Была сделана защита, в которой специальные шибера позволяли выпускать излучение реактора в различных направлениях, а система детекторов давала возможность изучать проблемы радиационной защиты (влияние рассеяния от конструкций, вклад Земли на низких высотах и т.д.).

Работа над установками космического и авиационного назначения на ядерной энергии не прошла даром: во-первых, часть из них (ЯЭУ «Бук» и «Топаз») претворена в жизнь; во-вторых, все они сослужили большую пользу для науки. Перед физиками-расчетчиками и экспериментаторами жизнь поставила задачу уменьшить вес и габариты реакторов и защиты, а для этого необходимо было научиться намного более точно их рассчитывать. А это было непросто сделать, т.к. раньше для установок других типов такое требование не выдвигалось и соответствующего опыта не было.

Необходимо отметить, что Александр Ильич понимал необходимость создания прецизионных методов расчета и программ, оснащенных соответствующими библиотеками констант, особенно для разработки реакторов космического и авиационного назначения и уделял этому вопросу большое внимание.

Для расчета реакторов космического и авиационного назначения были развиты новые, более точные методы расчета и прецизионные программы с современными библиотеками констант с набором элементов, которые ранее не использовались в ядерной энергетике и для других задач. Кроме того, в этих установках появилась необходимость применения принципиально новых конструктивных решений некоторых узлов, например, теневой защиты, когда защита должна вся уложиться в пределах данного телесного угла.

Таким образом, проектирование реакторов и защиты для космических и авиационных аппаратов послужило большим стимулом к совершенствованию методов и повышению точности расчетов и экспериментальных исследований в физике.

Разработки космических ЯЭУ «Бук» и «Топаз», начатые при А.И. Лейпунском и успешно завершённые летными испытаниями и штатной эксплуатацией в космосе, нашли продолжение и в настоящее время.

В ГНЦ РФ-ФЭИ ведутся исследования и проработки перспективных космических ЯЭУ «БУК-ТЭМ», «ТЭМБР» и «Эльбрус», которые являются продолжением и развитием линии установок «Бук» и «Топаз» (см. схему).

Основное отличие разрабатываемых ЯЭУ заключается в существенно большей электрической мощности (100-400 кВт) и ресурсе (10-20 лет). Вторая особенность этих установок состоит в том, что они должны использоваться в составе транспортно-энергетических модулей (ТЭМ). Поэтому ЯЭУ будут работать в двух различных режимах: транспортном - для доставки космического аппарата на высокую (геостационарную или геосинхронную) орбиту и энергетическом - для питания аппаратуры КА. Эти режимы сильно отличаются друг от друга по мощности и ресурсу.

В заключение можно сказать, что влияние А.И. Лейпунского на создание и формирование в институте и стране космической ядерной энергетике было очень велико и оно продолжает оказывать воздействие и в настоящее время.

Литература

1. *Лейпунский А.И.* Избранные труды. Воспоминания. - Киев: Наукова думка, 1990.
2. Государственный научный центр Российской Федерации - Физико-энергетический институт им. академика А.И. Лейпунского - 50 лет. - М.: ЦНИИ атоминформ, 1996.
3. *Пупко В.Я.* История работ по летательным аппаратам на ядерной энергии для космических и авиационных установок в ГНЦ РФ-ФЭИ. - Обнинск: ФЭИ, 2002.

НЕЗАБЫВАЕМЫЕ ГОДЫ ОБЩЕНИЯ

М.Ф. Троянов

ГНЦ РФ-Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск

Будущее, несомненно, подтвердит значимость сделанного Александром Ильичем Лейпунским, потому что энергетические потребности вынудят людей развивать ядерную энергетику на быстрых реакторах, уже сейчас показавших свой потенциал и техническую подготовленность к последующему их внедрению. А между тем всего 50 лет назад была только идея и начальная стадия ее проработки. Воплощение идеи в нашей стране произошло довольно быстро: первый экспериментальный реактор БР-5 – через 10 лет после выдвижения предложения, первый прототип – БН-350 – через 23 года, энергетический реактор БН-600 – через 30 лет (в эксплуатации с 1980 г.).

Нацеленность этой идеи Александра Ильича на будущее имеет реальную базу.

Огромное уважение испытывали к Александру Ильичу многие-многие его и соратники, и ученики, и коллеги, и начальство. Глубокие знания и огромная эрудиция в вопросах физики и инженерии с одной стороны, а с другой – доброжелательность, умение слушать, какое-то особое умение заинтересовать собеседника либо новой проблемой, либо частным неизученным вопросом – все это притягивало людей к Александру Ильичу, оставляя на долгие годы в памяти моменты общения и те события, которые были связаны с ним.

Мне, как и многим моим коллегам из ФЭИ, смежных институтов и КБ, довелось общаться с Александром Ильичем более всего в период с 1960 года до его кончины. Именно на этот период выпал этап разработки БН-350, БН-600, БОР-60, начало работ по БН-800. Эти работы разворачивались в большом объеме после назначения Александра Ильича научным руководителем института. Конечно, не одни быстрые реакторы были его заботой. Создание энергетических установок для АПЛ с реакторами, охлаждаемыми сплавом свинец-висмут, ЯЭУ космического назначения – все это тоже было в сфере ответственности Александра Ильича и института.

Об этом должен быть отдельный рассказ.

В 1960 году началась разработка технического задания на проектирование реактора БН-350 (тогда он назывался БН-250). Основой для него был отечественный опыт проектирования реакторов БН-50 и первых прикидок БН-250, но выполненных ранее и, конечно, практический опыт работы реактора БР-5. В то же время очень большое значение Александр Ильич придавал сведениям из литературы. Он досконально изучил конструкцию строящегося в США реактора «Энрико Ферми», знал буквально все важнейшие публикации по физике реакторов, по технологии натрия, по материаловедению, по разработке оборудования. И не только знал сам. Он побуждал читать литературу, выписывать новые данные, обсуждать их у него.

Задания, физические записки, отчеты, которые выпускались нами, тщательно, до последнего слова, прочитывались им в присутствии авторов. Тут же выяснялись возникающие вопросы, тут же формулировались задачи следующих проработок. Такие чтения служили важнейшей школой. Конечно, всю научную продукцию института Александр Ильич пропустить через себя не мог, и часть этой работы брали на себя его помощники, но его тщательный и требовательный подход к анализу сделанного имел огромное значение в воспитании последователей.

Кое-кто и нередко в институте ворчал по поводу того, что АИЛ «копает сидит над

гайками, и к нему не попадешь». Да, нередко конструкторские разработки Александру Ильичу приходилось разбирать очень детально и тщательно. Но как могло быть иначе, когда создавались совершенно новые установки? Ответственность научного руководителя требовала проникновения в самые конкретные детали конструкции и технологии. Александр Ильич хорошо понимал всю важность этих деталей, а конструкторы и технологи считались с его мнением и замечаниями. Для научного руководителя было очень важно увязать воедино все технические решения. Так называемые мелочи, в принципе, могли разрушить весь замысел.

Был такой этап разработок реактора БН-600, когда Александру Ильичу пришлось пойти на весьма крутой поворот и взять на себя ответственность за большую задержку проекта. Это было так. Предложение разработать второй быстрый энергетический реактор было выдвинуто Александром Ильичем на большом совещании по жидким металлам примерно в конце 1962 г. Он привлек нас, физиков-расчетчиков и инженеров, занимавшихся реактором БН-350, к проработке такой идеи: увеличить тепловую мощность до 1500 МВт (в полтора раза по сравнению с проектом БН-350), повысить температуру натрия до 600°C, поднять КПД до уровня 40% и получить электрическую мощность 600 МВт.

Это предложение многим понравилось, в том числе министру энергетики П.С. Непорожному и его Министерству. Началась разработка проекта. Но после первых стадий проработки начали «вылезать» многие нестыковки и проявляться трудные условия работы отдельных узлов и оборудования. Всякого вида ухищрения и изобретательство конструкторов и ученых радикально в задуманной концепции всех вопросов не решали.

Решение могло появиться только при помощи пересмотра концепции реактора. Описать эти подробности здесь невозможно. Но главное, что это с неизбежностью назревало. К тому же появились примеры разработок во Франции и Англии, поддерживающие возникшую у нас склонность к использованию другой концепции реактора по сравнению с БН-350.

Александр Ильич решил поставить вопрос о пересмотре всего проекта перед Министерством, перед конструкторами и проектантами. Большие группы специалистов из разных НИИ и КБ, наша группа с Александром Ильичем собрались в г. Горьком, в ОКБМ у И.И. Африкантова. Приехал начальник Главка Н.А. Николаев, и после обсуждения было принято «поворотное» решение, которое позволяло разрешить возникшие противоречия и развязать «узлы». Конечно, пришлось менять сроки окончания проекта. Однако все участники проекта без колебаний приняли новые решения и представили их с очень хорошей проработкой. В своих основных чертах этот проект и был реализован, и БН-600 успешно работает с 1980 г. Но АИЛу не суждено было видеть успех этого своего детища.

Работы по быстрым реакторам уже при Александре Ильиче были темой довольно широкого международного сотрудничества. С Александром Ильичем стремились обсудить проблемы и перспективы таких реакторов специалисты практически всех стран, работавших тогда в этой области. В ФЭИ бывали и рабочие, и парадные делегации. Например, приезжала большая делегация США во главе с Г. Сиборгом – в то время председателем Комиссии по атомной энергии США.

В 1968 году руководитель Департамента ядерных реакторов КАЭ США Милтон Шоу со своим помощником, специалистом по быстрым реакторам Джоном Евиком, участвовали в г. Москве в работе Мирового Энергетического Конгресса и специально посетили А.И. Лейпунского в г. Обнинске, чтобы обсудить с ним проблемы быстрых реакторов. США в это время активно работали по этой тематике и имели большие планы. М. Шоу как руководитель этих работ считал необходимым поговорить о них с Александром Ильичем.

Из Франции, Англии приезжали специалисты и руководители национальных программ по разработке реакторов «Рапсодия» и Феникс» (Франция), DFR и PFR (Англия). Эти встречи, к которым так стремились наши иностранные коллеги, были весьма информативными и полезными и для них, и для нас. Александр Ильич всегда придавал им характер творческих технических дискуссий, ставил существенные конкретные вопросы, отвечал на вопросы прямо. Когда на реакторе «Энрико Ферми» произошла авария с подплавлением активной зоны, разработчики этого реактора – два американца – специально приехали в г. Обнинск посоветоваться в ФЭИ, главным образом, с Александром Ильичем: как поступать дальше, объяснив предварительно, что же там произошло.

В шестидесятые годы многие из стран-членов СЭВ стремились принять участие хотя бы в частичных разработках быстрых реакторов. Александр Ильич хорошо разбирался в этих работах. Особенно он ценил опыт чехословацких специалистов по парогенераторам натрий-вода. Парогенераторы, разработанные и изготовленные в ЧССР, эксплуатировались на реакторах БОР-60 и БН-350.

Сам Александр Ильич за границей бывал нечасто, и когда речь шла об участии в международных конференциях, говорил: «Вы мне лучше потом покажете доклады, и я их почитаю». Доклады он изучал весьма основательно и в результате часто оказывался информированным лучше участников конференций; тем более что на английском языке он читал свободно и читал очень много, разбираясь и в главном, и в деталях.

В тот период жизни Александра Ильича, о котором я рассказывал, мне пришлось видеть и трудности, и неприятности, выпавшие на его долю. Конечно, речь идет о той сфере, где я с ним соприкасался.

По-видимому, была какая-то ревность некоторых ученых-руководителей к тому направлению быстрых реакторов, которое возглавлял АИЛ. Нет-нет, да возникнут мнения, что ФЭИ разрабатывает не такие быстрые реакторы, как надо бы. То возникнет предложение охладить реактор гелием, да еще с давлением 300 атм., то нужно добиваться сверхвысокого коэффициента воспроизводства и т.п. Конечно, и АИЛу, и помощникам приходилось спорить, доказывать, отстаивать свою линию.

Александр Ильич иной раз, как говорится, и «задирался» с целью добиться какого-то продвижения проблемы. Так было, например, при решении вопроса о сооружении БН-600. Этот вопрос был в контексте обсуждения работы комиссии ГКАЭ по рассмотрению перспектив развития ядерной энергетики СССР до 1980 г. Ожидались очень высокие темпы развития, и главным вариантом вырисовывался вариант использования только быстрых реакторов, начинающих работать на уране-235 с переходом на использование плутония. Александр Ильич, конечно, понимал, что этот путь несколько экстравагантен, но аккуратно поддержал его, да еще и усомнился в том, что надо развивать реакторы, как он выразился, на «самоварном паре». Он, конечно, разозлил многих. Но за общей дискуссией последовало нужное решение: проектировать и строить БН-600.

АИЛ говорил нам: «Ну и ладно, зато у нас будет БН-600». Но не думаю, что ему было безразлично неудовольствие и упреки его коллег из других институтов, его бывших однокашников по Физтеху.

В самых общих чертах многие в нашем институте знали, что сложные периоды в жизни АИЛа бывали. И недоброжелатели были, как можно было понять. Иначе невозможно объяснить упорное нежелание Академии наук СССР избрать его своим действительным членом. Нелепость: физик, осуществивший первую в СССР ядерную реакцию, проделавший классический эксперимент по доказательству существования нейтрино, основоположник новых направлений в ядерной технике не избирается в Академию.

Каких только новых академиков не пришлось повидать и мне за свою жизнь. Сравнить просто невозможно. А Александр Ильич остался только украинским академиком. Но знаю точно, что он не ездил распивать чай с теми, от кого зависит результат, не «проводил необходимой работы». Это ему, видимо, претило.

Сложными для Лейпунского были последние 4-5 лет жизни, когда областные и городские партийные органы начали изгонять «идеологическую крамолу» из ФЭИ. С позиций сегодняшнего времени все это выглядит нелепо. А тогда рассматривалось как прямой идеологический подрыв советского строя. Для многих уважаемых сотрудников института «внимание» партийных органов обернулось нелучшими переменами в жизни. Сменился директор института, им стал В.А. Кузнецов вместо М.П. Родионова. А для «возвращения к принципу единоначалия» Александра Ильича сделали первым заместителем по научной работе. Обидно, что Минсредмаш и лично Е.П. Славский не смогли противостоять этим решениям. Конечно, для нас, сотрудников АИЛА, для наших коллег в других организациях АИЛ остался тем, кем и был. Но для него это разжалование было, безусловно, несправедливым ударом. Александр Ильич был, конечно, обижен на В.А. Кузнецова и разочарован в нем – своем бывшем ученике, сподвижнике и помощнике. Это я уже знаю не понаслышке, а прямо от АИЛА.

К власти Александр Ильич относился, как мне кажется, спокойно и уважительно. Он в силу своего положения научного руководителя и по оборонным работам общался с большим начальством в ВПК, в оборонном отделе ЦК и т.п. Очень уважительно отзывался о Д.Ф. Устинове, руководившем оборонной промышленностью. А году в 1962-1963 его пригласили сделать доклад о быстрых реакторах «очень высокому начальству». Потом мы узнали, что это был доклад Н.С. Хрущеву. Поскольку Хрущев, конечно, ничего не понимал в реакторах, доклад надо было делать очень популярно. Вот мы и ломали головы по просьбе АИЛА: как и что, и как можно нагляднее показать. Изображали большую гору необходимых запасов урана, если работают только тепловые реакторы, и малую кучку для быстрых, и т.п. Александр Ильич писал план своего выступления и проверял на нас. Все прошло, как он потом говорил, вполне неплохо, хотя конкретного результата не было.

Когда Н.С. Хрущев учредил совнархозы и поделил партию и советскую власть на промышленную и сельскую, АИЛ сказал: «Слушайте, до чего же крепкая у нас система, ее и так, и этак, а она все терпит».

Александр Ильич выступал на институтских партийно-хозяйственных активах и конференциях. Конечно, темами его выступлений были научно-производственные дела. Он характеризовал состояние дел, говорил о главных задачах, а иногда даже о частных задачах, за которые сверх всяких планов брались отдельные специалисты.

Не раз на активах и собраниях Александр Ильич повторял примерно такие слова: «Сила нашего института в его комплексности». Поэтому он опять же на таком собрании однажды говорил о нормальном, деловом сотрудничестве И.И. Бондаренко, В.А. Малыха и В.Я. Пупко и их коллективов, ставя его в пример не очень гладкому взаимодействию других подразделений института.

Иной раз на собраниях высвечивались и разногласия АИЛА с директором института М.П. Родионовым.

За год до кончины Александра Ильича мне пришлось услышать довольно резкое высказывание в адрес В.А. Кузнецова, бывшего в то время директором. Видно было, что на душе у АИЛА накипело, и нелегко ему давалась его обычная сдержанность и корректность.

Последние два-три года жизни Александр Ильич уделял много внимания предстоящему вводу в строй реактора БН-350, приезжал на рассмотрение хода строительства и монтажа. Он предложил кандидатуру В.В. Орлова в качестве председателя

комиссии по физическому и энергетическому пуску. В.В. Орлову пришлось взять на себя эти обязанности уже без Александра Ильича и он хорошо справился с ними. Позаботился Александр Ильич и о том, чтобы представительство научного руководства и его полномочия были обеспечены в комиссиях и группах, созданных для всех этапов пусконаладочных работ. Я думаю, что сотрудники ФЭИ – участники работ по пуску БН-350 – не подвели Александра Ильича. А отчет по проведению и результатам физического пуска реактора был посвящен его памяти.

Ефим Павлович Славский, бывая в ФЭИ или на БН-350, не раз говорил:

– Александр Ильич был замечательный ученый и замечательный человек, да вот сердце не выдержало...

И еще вспоминается 7 декабря 1963 года - Александру Ильичу 60 лет. Зал ДК ФЭИ полон. Как в песне про 21 июня 1941 года: «Все еще живы...». И.И. Бондаренко делает доклад о жизненном пути АИЛа, который стал в этот день Героем Социалистического Труда; А.П. Александров ведет заседание, И.К. Кикоин читает приветствие в стихах, называя юбиляра Александром Македонским, выступают известнейшие ученые и конструкторы. Потом все перемещается в ресторан, где два умелых «дирижера», А.П. Александров и А.С. Займовский, мастерски руководят замечательным веселым застольем.

Этот день и вечер были апофеозом искреннего и глубокого уважения к этому Ученному и столь же искренней симпатии к этому Человеку.

НАШ АИЛ

А.И. Могильнер

г. Монреаль, Канада

С Александром Ильичом Лейпунским я познакомился лично летом 1954 г., будучи назначен научным сотрудником учреждения, впоследствии получившего название Физико-энергетический институт. Имя академика Лейпунского было мне знакомо по работам в области физики атомного ядра, публиковавшимся в научной печати. Моему прибытию предшествовали драматические события в жизни научного коллектива, возглавляемого Александром Ильичем.

А.И. Лейпунский, или АИЛ, как его называли между собой сотрудники, показал, что для транспортных приложений реакторы на промежуточных (надтепловых) нейтронах в качестве энергетической установки имеют определенную перспективу. В то время была мало известна необходимая для расчетов система констант в промежуточной области нейтронов, так что расчеты цепной реакции в проектируемых энергетических установках приходилось многократно проверять и уточнять в процессе экспериментов на так называемых критических сборках – реакторах нулевой мощности, на которых осуществлялась цепная реакция деления урана без заметного тепловыделения.

Слабость константной базы и недостаточный опыт экспериментаторов привели незадолго до моего прибытия к неконтролируемому разгону экспериментального реактора, в результате которого участники эксперимента, включая Александра Ильича, получили значительную дозу нейтронного облучения. Лейпунский в то время наряду с научным руководством институтом возглавлял 3-й отдел, работавший над физико-техническими проблемами создания малогабаритных маневренных энергетических установок на основе реакторов на промежуточных нейтронах. В отделе работали две группы: расчетно-теоретическая (руководитель Б.Ф. Громов) и экспериментальная (руководитель В.А. Кузнецов). Я был зачислен в группу В.А. Кузнецова как имеющий опыт работы с ядерными реакторами на прежней работе.

В ознакомительной беседе А.И. Лейпунский подробно расспрашивал о моих научных работах, характере задач, над которыми мне приходилось работать, выясняя мой личный научный опыт. Выяснилось, что моя дипломная работа по проблеме взаимодействия нейтрино с веществом, выполненная в Физическом институте АН СССР под научным руководством И.М. Франка, нобелевского лауреата, явилась фактически продолжением ранней работы Александра Ильича, проводившейся в Институте физики АН УССР. Его интересовали не только мои научные интересы, но и отношение к последним публикациям в научной печати, в литературно-художественных журналах. Впоследствии Александр Ильич нередко просил разобраться в той или иной текущей научной проблеме и рассказать ему о результатах вместе с моим отношением к ним, комментарием. О смерти Александра Ильича я узнал, направляясь на одну из такого рода встреч.

Лейпунский поощрял и приветствовал инициативу сотрудников. Так, при его поддержке удалось создать систему автоматического вывода ядерного реактора по заданной программе на заданный уровень мощности и поддерживать его постоянно, что значительно повышало уровень безопасности экспериментов. Большое внимание он уделял научным проблемам обеспечения безаварийности ядерных энергетичес-

ких установок в процессе эксплуатации. В связи с этим всячески поддерживал инициативные работы по изучению шумов энергетических реакторов (ЭР). Дело в том, что цепная реакция в ЭР, ее стационарность, контролируемая по ионизационным камерам, проявляется на контрольных самописцах не просто в виде ровной горизонтальной линии. Эта линия слегка дрожит. В этом и проявляется так называемый шум, связанный с динамическими процессами энерговыделения и теплосъема, а также с тем, как они влияют на процесс сохранения баланса генерации нейтронов и их потерь. В норме реакторный шум имеет вполне определенный стабильный частотный спектр. Появление особенностей, возникновение изменений в той или иной области спектра шумов часто является самым ранним свидетельством какого-либо неблагополучия в контролируемой системе. Таким образом, удавалось обнаружить неполадки задолго до того, как они могли привести к аварии.

Все это только примеры повседневных забот А.И. Лейпунского. Он был доступен для общения сотрудникам любого ранга. К нему можно было пристроиться для обсуждения какого либо вопроса во время его прогулки вдоль реки Протвы. Общение с Александром Ильичем никогда не носило характер начальник-подчиненный. Всегда было взаимно уважительным. Нам, его сотрудникам, было очень важно не потерять уважения Александра Ильича.

В библиотеке института Александр Ильич был первым читателем новых поступлений как научно-технических журналов, так и литературно-художественных. Общаюсь с сотрудниками, он заинтересованно впитывал важную научную информацию, знакомил с ней других, которым она могла быть полезна для работы. М. Фарадей говорил: «Чем больше у меня работы, тем больше я учусь». Мне кажется сейчас, что это относилось и к Александру Ильичу.

Приходилось наблюдать Александра Ильича и в трудных ситуациях. Так, новый директор института, ранее возглавлявший промышленное предприятие на Урале, стал что называется «закручивать гайки», вводя всевозможные малополезные ограничения. Это коснулось и Александра Ильича, за которым была закреплена персональная машина, необходимая для регулярных поездок в Москву. Ограничения эти явно нарушали привычный плодотворный ритм работы научного коллектива, основанный на взаимоуважении, ответственности и результативности. Ситуация осложнялась тем, что как директор, так и Лейпунский были номенклатурой ЦК КПСС.

Парторг института, столкнувшись с такой ненормальной ситуацией, добился приема у Н.С. Хрущева. (Это было время кубинского кризиса). Хрущев вышел к трем посетителям, ожидавшим его в приемной ЦК. Из них лично знаком Хрущев был только с Лейпунским. Они встречались в Киеве, когда Александр Ильич работал директором Института физики АН УССР, а Хрущев – секретарем ЦК Украины. Поздоровавшись с ожидавшими посетителями, Хрущев взял Александра Ильича за локоть и, прогуливаясь с ним по приемной, стал расспрашивать об общих знакомых. Затем, не отпуская локоть Лейпунского Хрущев подошел к ожидавшим двоим. Он осведомился, есть ли вопросы. Вопросов не было, и аудиенция закончилась пожеланием успехов. Так, вслед за кубинским кризисом, завершился и этот менее масштабный кризис.

Доступность Александра Ильича относилась не только к научным или служебным вопросам. С ним можно было обсуждать и свои личные проблемы и попросить совета. Александр Ильич часто напоминал, что царь Соломон в трудные минуты снимал с пальца кольцо, на внутренней стороне которого читал надпись: «И это пройдет...».

Шли годы, вчерашние неоперившиеся выпускники вузов становились учеными, кандидатами и докторами наук, руководителями научных коллективов, сами обзаводились учениками. Счастливы те руководители, которым удалось стать нравственным ориентиром для своих учеников.

Прошло более 30 лет как Александра Ильича не стало. Выросло новое поколение. У многих его учеников сменились научные интересы, города и даже страны проживания. Некоторые из них теперь старше Александра Ильича. Но мы, его ученики, все больше осознаем, что Александр Ильич, наш АИЛ, относился к числу людей, в присутствии которых другие становятся лучше. Он был настоящим российским интеллигентом, высоконравственным и высокоэрудированным, достойным памяти всех, кому посчастливилось с ним работать.

А.И. ЛЕЙПУНСКИЙ И ЯДЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Э.Ф. Крючков, В.Г. Кириллов-Угрюмов, Л.Н. Юрова

Московский инженерно-физический институт (государственный университет), г. Москва

В этом году исполняется 100 лет со дня рождения основателя школы инженеров-физиков МИФИ, первого декана инженерно-физического факультета Московского механического института (ММИ), позднее переименованного в Московский инженерно-физический институт (МИФИ), академика Украинской академии наук, Героя Социалистического Труда Александра Ильича Лейпунского, одного из великих педагогов XX столетия, который, по существу, заложил основы образования в области ядерной науки и техники в России. Школа А.И. Лейпунского, его ученики, система подготовки кадров, которую он обосновал и развил, не менее значимы для науки, чем его научные достижения.

Ядерное образование в России начало свое существование в сентябре 1945 года с выхода 14 сентября постановления правительства об организации нового инженерно-физического факультета в Московском механическом институте (ММИ) для подготовки специалистов и привлечения к организации этого факультета академика УССР А.И. Лейпунского. Таким образом, впервые на уровне правительства была поставлена задача плановой подготовки специалистов для решения научно-технических проблем развития атомной отрасли страны. А решение этой очень сложной и актуальной задачи, по существу, было возложено на А.И. Лейпунского. В том же сентябре был издан приказ по ММИ, согласно которому с 1 октября 1945 года в ММИ был создан факультет №3 (инженерно-физический), а деканом факультета назначен Александр Ильич.

А.И. Лейпунский понимал, что от физической идеи до ее практической реализации огромная дистанция и поэтому собрал на факультете в качестве профессоров плеяду крупных ученых, активно работающих в области фундаментальных и прикладных проблем ядерной науки и технологий, которые и заложили методические основы подготовки инженеров-физиков для новой отрасли. В числе ученых, академиков и профессоров были И.Е. Тамм, М.А. Леонтович, И.К. Кикоин, И.Я. Померанчук, А.И. Алиханян, И.И. Гуревич, В.С. Емельянов, Л.А. Арцимович, М.Д. Миллионщиков, Л.В. Обреимов, А.Б. Мигдал, Е.Л. Фейнберг, Н.Н. Семенов, П.А. Черенков, М.С. Козодаев, А.Н. Тихонов, Э.В. Шпольский и другие.

Перед учеными была поставлена задача в кратчайшие сроки догнать США в области ядерных технологий и, в первую очередь, в области создания ядерного оружия. Ученые понимали, что одним из главных условий решения поставленной проблемы, а именно, создания новой отрасли науки и промышленности, являются высококвалифицированные кадры – специалисты нового типа, не только владеющие новейшими достижениями науки, но и способные довести эти достижения до конкретных инженерных решений. Спектр исследований и разработок, связанных с изучением физических процессов и их использованием в ядерной технике, был настолько широк, что требовал от молодых специалистов быстрой адаптации к новым, часто неожиданным условиям в лабораториях, проектно-конструкторских институтах и в производ-

ственных организациях. Задача, поставленная перед образованием, заключалась не только в том, чтобы дать студенту всесторонние знания, необходимые для формирования полноценного гражданина, но и развивать в нем самостоятельность мышления, необходимую для творческого восприятия постоянно меняющегося мира. По существу, нужны были специалисты новой формации, причем потребность в них была в промышленных масштабах. Высшие учебные заведения в то время не готовили таких специалистов, которые сочетали бы в себе не только высокие нравственные (гражданские) принципы с пытливостью первооткрывателя, но и глубокие научные, инженерные и технологические знания. Поскольку образование объединяет в себе и учебу и воспитание человека-гражданина, коллектив ученых-специалистов под руководством декана факультета А.И. Лейпунского разработал основополагающие принципы подготовки специалистов нового типа - инженеров-физиков для атомной отрасли. Уже в самом названии «инженер-физик» заложен комплексный характер знаний нового специалиста.

Первый принцип – фундаментальная подготовка одновременно по двум направлениям: физико-математическое - в объемах, соответствующих учебным планам физического факультета университета; а инженерная – в объеме ведущих технических институтов. Это было революционное новшество в деле подготовки специалистов. Инженеры должны были знать физику, как физики-профессионалы! В то же время физики должны были знать инженерные дисциплины, как профессиональные инженеры. Казалось бы, что это повлечет за собой либо ущербность в освоении одного из блоков дисциплин, либо продление сроков обучения. В действительности оказалось, что изучение многих инженерных дисциплин при использовании знания математики и физики можно было организовать в существенно более короткие сроки и более глубоко, чем это было раньше. Многолетний опыт подготовки инженеров-физиков во многих вузах страны подтвердил это.

Второй принцип – преподавать специальные дисциплины (читать лекции) должны ученые и специалисты, активно работающие в данной области. Будущие инженеры-физики должны получить навыки творческого поиска, самообразования, владеть самыми современными научными методами познания. А научить всему этому может только активно работающий профессионал. А.И. Лейпунский привлек к чтению лекций на инженерно-физическом факультете выдающихся ученых, например, Л.А. Арцимовича, И.Е. Тамма, А.Н. Тихонова и многих других. Александр Ильич прекрасно понимал, что вовлечение студентов в научно-исследовательскую деятельность на кафедрах, привлечение их к участию в научных дискуссиях, семинарах и конференциях является неременным условием формирования ученого. Он считал, что студент должен заниматься не абстрактной научной работой, а принимать посильное участие в решении актуальных проблем отрасли, что позволяет ему чувствовать свою сопричастность конкретному делу. Поэтому А.И. Лейпунский считал, что развитие научной работы в интересах отрасли на кафедрах и вовлечение в эту работу студентов являются необходимыми условиями подготовки нового специалиста и служат прежде всего интересам отрасли.

Третий принцип – на факультете, а в дальнейшем и в институте, должны быть выпускающие кафедры по разным направлениям, обеспечивающие решение одной комплексной проблемы использования новейших достижений науки в различных направлениях ядерной техники. Коллективы специальных кафедр связаны между собой как решением одной общей проблемы, так и лекционными курсами. Хорошим примером в этом плане являлась проблемная физико-энергетическая лаборатория, научным руководителем которой был А.И. Лейпунский. В ее состав входили следующие кафедры: физики ядерных реакторов, теплофизики, металлофизики, сопотив-

ления материалов, автоматического регулирования, ядерной физики и другие.

Четвертый принцип, обеспечивающий качество будущих инженеров-физиков, – это отбор студентов, способных справиться с предстоящей работой. А.И. Лейпунский прекрасно понимал, что студент должен приложить очень много усилий для того, чтобы успешно пройти учебный процесс подготовки инженера-физика, поэтому он очень тщательно подходил к отбору студентов. Например, проводились собеседования со всеми будущими студентами МИФИ. Институту предоставили право производить набор студентов на две недели раньше, чем другим вузам, для того, чтобы иметь возможность отобрать наиболее талантливую молодежь. Студентам и аспирантам МИФИ была установлена повышенная стипендия.

При разработке учебных планов учитывался комплексный характер знаний будущего инженера-физика. Совершенно очевидно, что инженер, работающий над созданием атомной установки или проведением соответствующего физического эксперимента кроме инженерных знаний должен обладать знаниями в области ядерной физики, теплофизики, металлофизики, электроники, автоматики и другими. Будущая работа инженеров-физиков требует детального понимания физической сущности решаемой проблемы в целом, вследствие чего подготовку специалистов такого профиля целесообразно проводить в рамках одного учебного заведения на базе широкой образовательной программы, объединяющей усилия целого ряда кафедр. Все это нашло отражение как в структуре инженерно-физического факультета МИФИ, так и в учебных планах по каждой из специальностей.

Выпускники МИФИ успешно работают во многих научно-исследовательских институтах, проектно-конструкторских и промышленных организациях и благодаря своей подготовке выгодно отличаются от обычных инженеров глубоким пониманием изучаемых явлений – физики процессов, а от физиков, окончивших университеты, – способностью ставить и решать инженерные задачи. Учебный план для всех факультетов составлен так, что на первых двух курсах проводится общая для всех кафедр физико-математическая и инженерная подготовка, а с третьего курса начинается специализация по конкретной специальности (кафедре). Такое построение учебного процесса позволяет выявить физико-математические способности студентов. Начиная с третьего курса, студент выполняет учебно-исследовательскую работу в виде обязательных занятий в рамках учебного процесса. Это приучает студента к самостоятельности, прививает навыки исследовательской работы, позволяет выявить способности каждого студента. Одной из форм обучения, применяемого в МИФИ, являются специальные семинары, проводимые профессорами по актуальным проблемам, освещаемым в новейшей периодике. Такие семинары приучают студентов работать с научной литературой и вводят их в круг актуальных научных проблем. Сочетание за время обучения в МИФИ научных исследований с владением методами современной техники, умение творчески мыслить позволили выпускникам МИФИ осваивать широкий круг специальностей от физики элементарных частиц до автоматизированных систем управления.

Важно, что обучение в МИФИ было неразрывно связано с воспитанием коллективизма, товарищества, патриотизма, приоритетом общественных интересов перед личными. Другими словами, одновременно с формированием профессионала шло воспитание технического интеллигента. И не случайно среди выпускников МИФИ есть и министры, и дипломаты, и ученые с мировым именем, т.е. люди, являющиеся носителями, прежде всего, государственной идеи.

МИФИ – уникальный вуз, потому что он создавался как высшее учебное заведение, не отягощенное традициями столетней давности. Это вуз, готовящий инженеров, исследователей, создателей новейших технологий. Система обучения, принятая в

МИФИ, требует широкой научно-исследовательской работы, поэтому МИФИ является не только учебным, но и научным центром. Развитие научной работы позволяет постоянно повышать квалификацию преподавателей и обучать студентов на современном научном уровне. Участие студентов в научно-исследовательских работах дает большой воспитательный эффект в подготовке инженеров-физиков. Накопленный опыт свидетельствует о правильном выборе направлений и методов работы в подготовке инженеров-физиков. На формирование учебных планов и программ большое влияние оказывает сотрудничество кафедр МИФИ с ведущими проектными и научно-исследовательскими институтами (ФЭИ, ИАЭ, ИТЭФ). Учебные планы и программы совершенствуются по мере развития науки, появления новых достижений и внедрения их в промышленность. Научный и технический прогресс приводит к необходимости видоизменений специальностей.

Для А.И. Лейпунского как учителя характерным было стремление побуждать молодежь к самостоятельному научному поиску и получению новых результатов. Он всегда подчеркивал необходимость университетской фундаментальности с широкой инженерной подготовкой при формировании специалиста для новой отрасли. Научные семинары, проводимые А.И. Лейпунским, проходили в непринужденной обстановке и всегда носили позитивный характер, так как А.И. Лейпунский владел искусством разбора сложных вопросов, выделяя наглядно на основе простых физических представлений основной результат. В случае принципиальных вопросов он твердо отстаивал свою позицию до конца.

А.И. Лейпунский блестяще читал лекции. Его лекции отличались ясностью и логичностью изложения, в этом проявлялась глубина знаний и исключительная ясность ума. В физике, по мнению А.И. Лейпунского, нет места для путаных мыслей, и физическая сущность любого действительно понимаемого вопроса может быть объяснена без сложных формул. Большое воспитательное значение имели демократичность, доброжелательность и общедоступность А.И. Лейпунского, его умение общаться со всеми на равных независимо от общественного положения. Его научный стиль характеризуется четкой и ясной постановкой задачи и непреклонным доведением работы до полной окончательной ясности или до практического результата. Огромное впечатление производит та самоотверженность, последовательность, с которой на протяжении многих лет А.И. Лейпунский добивался практической реализации поставленной цели – создания реактора БН-350. Поражала огромная работоспособность А.И. Лейпунского. Он признавал право каждого иметь собственную точку зрения на решение проблем, но он был противником принятия решения в ущерб делу ради чести мундира или в угоду самолюбию. А.И. Лейпунский, предъявляя высокие требования к себе и своим сотрудникам, ценил профессионализм, деловые качества и ответственность за порученное дело и презирал научный авантюризм, субъективизм в науке. Во всех сложных жизненных ситуациях А.И. Лейпунский оставался принципиальным, высоко нравственным человеком-ученым. Никакие кипения страстей не могли заставить его отступить от принципов высокопорядочного поведения как в жизни, так и в научной работе. Он был интеллигентом в самом высоком понимании этого слова.

А.И. Лейпунский давал студентам и сотрудникам не только научные знания, а собственным примером учил молодежь жизни, методологии исследований, разнообразным аспектам научной этики. Многочисленные и глубокие научные интересы, большое человеческое обаяние, умение воодушевлять специалистов на решение трудных задач в новой области науки и техники позволили А.И. Лейпунскому вырастить большие творческие коллективы. Трудно определить, в чем именно состоял секрет его обаяния: в ясности и глубине ума, энциклопедичности знаний или, несмотря на не-

которую сухость, в доброте к людям.

Круг интересов А.И. Лейпунского не ограничивался только физикой и научно-техническими проблемами. Он внимательно следил за событиями, происходящими в нашей стране и за рубежом, интересовался художественной литературой, любил классическую музыку, посещал концерты и художественные выставки. Очень любил природу, увлекался горным туризмом, лыжами, теннисом и пешеходными прогулками.

А.И. Лейпунский около 27 лет своей жизни вел педагогическую работу в высшей школе. Многие его ученики стали известными учеными и крупными специалистами. Для всех них тесное сотрудничество с А.И. Лейпунским стало как жизненной, так и научно-технической школой.

Жизнь и деятельность А.И. Лейпунского – достойный пример для молодых инженеров-физиков, решивших отдать свою жизнь служению науке.

Наша задача сегодня состоит в том, чтобы сохранить и развивать традиции школы инженеров-физиков МИФИ – школы А.И. Лейпунского, которая доказала свою уникальность и жизнеспособность, выпустив тысячи инженеров-физиков, которые плодотворно трудятся в атомной отрасли и в настоящее время. Специалисты инженеры-физики являются национальным достоянием, поскольку обладают уникальными знаниями в весьма чувствительной области ядерных технологий. Не надо забывать, что за относительно малое время была создана уникальная атомная отрасль, базирующаяся на самой передовой научно-технической мысли. Это позволило нашей стране стать одним из лидеров мирового технического прогресса в XX веке. Отраслевая наука – это во многом основа как фундаментальной, так и прикладной отечественной науки.

Если думать о будущем школы инженеров-физиков, созданной А.И. Лейпунским, то оно не такое безоблачное, как хотелось бы. Какие основные причины вызывают беспокойство и могут привести к ухудшению качества подготовки инженеров-физиков.

1. Перестройка государственной системы и экономические трудности, переживаемые Россией, изменили приоритеты работ, поставили на грань невозможности развитие научно-исследовательских работ на кафедрах. Реально произошло существенное сокращение тематики работ и объемов финансирования. Поскольку научная работа на кафедрах за последние 15 лет ослабла, следовательно, существенно сократилась тематика исследовательской работы студентов, что неизбежно ведет к снижению качества подготовки специалистов. Устарела материальная база ведущих кафедр.

2. У молодого поколения изменились жизненные приоритеты, и все меньше и меньше талантливых выпускников школ продолжает свое образование в области ядерной науки и техники. С наступлением демографической ямы через несколько лет ситуация может стать не просто критической, а необратимой.

3. Реформа высшей школы не всегда способствует повышению качества образования в технических областях знаний. Стремление к двухступенчатому образованию по образцу американской школы (бакалавриат и магистратура), введение единого государственного экзамена, отмена обязательного распределения выпускников и другие нововведения, проводимые Министерством образования, на наш взгляд приводят только к ослаблению российских образовательных традиций, которые, кстати, признаются лучшими в мире. Результатом этой деятельности может явиться разрушение (или, по крайней мере, существенное ослабление) российской высшей школы.

4. Зарплата преподавателей и стипендия студентов находятся ниже прожиточного минимума, что приводит, с одной стороны, к оттоку молодых кадров из высшей шко-

лы, а с другой – к необходимости студентам зарабатывать себе на жизнь.

Проблема сохранения ядерного образования настолько сложна и многогранна, что требует отдельного обсуждения, но очевидно, что основную роль в решении этой проблемы должно сыграть отраслевое министерство. Естественно, что вряд ли возможен возврат к той системе образования в отрасли, которая существовала. И, наверное, отрасль не имеет в настоящее время возможностей поддерживать целые вузы, которые во многом уже работают не на отрасль. Но необходима поддержка конкретных научно-педагогических школ, которые продолжают готовить специалистов для отрасли, более широкое привлечение вузовской науки к решению первоочередных проблем отрасли, целенаправленная работа со школьниками. Необходимо при участии Минатома РФ организовать эффективные связи между ведущими научными предприятиями отрасли – потребителями выпускников и кафедрами. Другими словами, необходима продуманная политика отраслевого министерства в этой области. Все это, на наш взгляд, позволит хотя бы в какой-то мере сохранить те традиции ядерного образования, которые были разработаны и реализованы более пятидесяти лет назад А.И. Лейпунским и его коллегами.

А.И. ЛЕЙПУНСКИЙ **(7.12.1903 – 14.08.1972).** **БИОГРАФИЧЕСКАЯ СПРАВКА**

В.Е. Колесов

ГНЦ РФ-Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск

Академик Академии наук УССР Александр Ильич Лейпунский – выдающийся ученый и организатор науки, основоположник создания и руководитель строительства в нашей стране реакторов на быстрых нейтронах.

Имя А.И. Лейпунского по праву занимает одно из первых мест в ряду ученых, которым мировая энергетика обязана решением проблемы ядерного бридинга, а наша страна – лидирующим положением в этой области. Создание ядерной энергетики на основе использования имеющихся запасов урана и тория в быстрых реакторах – вот главная цель, осуществлению которой посвятил свою жизнь А.И. Лейпунский.

А.И. Лейпунский родился в 1903 г. в деревне Драгли Сокольского уезда Гродненской губернии в семье десятника по строительству шоссейных дорог. В 1926 г. он окончил физико-механический факультет Ленинградского политехнического института и начал работать в Ленинградском физико-техническом институте в отделе электронной химии.

В 30-е годы жизнь А.И. Лейпунского тесно связана с Украинским физико-техническим институтом (УФТИ), созданным в 1928 г. в Харькове. С марта 1929 г. он – старший физик и одновременно заместитель директора УФТИ, а с 1933 г. – директор этого института. В 1931 г. по инициативе А.И. Лейпунского в УФТИ разворачиваются работы по атомному ядру. С этого времени вся жизнь ученого была посвящена физике атомного ядра и ее техническим приложениям.

В 1932 г. группа ученых: А.И. Лейпунский, К.Д. Синельников, А.К. Вальтер и Г.Д. Латышев впервые в СССР осуществила расщепление ядра лития ускоренными протонами. По инициативе УФТИ в 1932г. было организовано издание первого в СССР физического журнала на иностранных языках, редакция которого находилась в УФТИ, а А.И. Лейпунский был его ответственным редактором. Он входил также в состав оргкомитета Первой Всесоюзной ядерной конференции, проходившей в сентябре 1933 г. с участием многих ведущих зарубежных физиков, на которой выступил с докладом «Расщепление ядер». Эта конференция имела большое значение для развития ядерных исследований в нашей стране. В ноябре 1933 г. президиум АН СССР создает под председательством академика А.Ф. Иоффе комиссию по изучению атомного ядра, в которую входит и А.И. Лейпунский.

В апреле 1934 г. А.И. Лейпунский по рекомендации Наркомтяжпрома направляется на стажировку в Германию и Англию, а 17 мая 1934 г. Академия наук УССР избирает его действительным членом. Работая у Э. Резерфорда в Кавендишской лаборатории Кэмбриджского университета, он дал первое экспериментальное подтверждение высказанной В. Паули гипотезы нейтрино на основе измерений импульса ядер отдачи при β -распаде. Эта работа, являющаяся образцом изобретательности физика-экспериментатора, вошла во все учебники физики.

В октябре 1935 г. А.И. Лейпунский возвращается в Харьков, где сосредотачивает свои усилия на изучении взаимодействия нейтронов с атомными ядрами. Результа-

ты исследований поглощения нейтронов в серебре, кадмии и боре при различных температурах были сообщены в большом докладе А.И. Лейпунского и Л.И. Русанова на II Всесоюзной конференции по атомному ядру, проходившей в сентябре 1937 г. в Москве.

Однако события 1937 г. затронули и УФТИ. А.И. Лейпунский был исключен из партии, снят с должности директора и 14 июля 1938 г. арестован, но вскоре (в августе 1938 г.) дело было прекращено. А.И. Лейпунский продолжал работать в УФТИ научным руководителем радиоактивной лаборатории. Одновременно его привлекают к работе в Радиевом институте АН СССР.

В 1939 г. в УФТИ начинаются работы над проблемой «Изучение деления урана», научным руководителем которой назначается А.И. Лейпунский. Ему поручают руководство проектированием циклотрона УФТИ, привлекают к работам Ядерной и Урановой комиссий АН СССР. Урановая комиссия поручает В.Г. Хлопину и А.И. Лейпунскому составление плана работ по изучению проблемы урана. По этому плану УФТИ привлекается к работам по урановой проблеме. Для выяснения механизма деления урана под действием медленных и быстрых нейтронов в УФТИ была поставлена серия экспериментов.

Наиболее полно представление А.И. Лейпунского о возможных вариантах цепной реакции деления отражено в работах «Деление ядер» (1940 г.) и «Деление урана» (1941 г.). Эти статьи являются одними из самых первых работ советских физиков, рассматривающих физические характеристики деления ядер нейтронами и конкурирующих с ними процессов. И хотя в 1939 г. уже была опубликована известная теория цепной реакции деления Я.Б. Зельдовича и Ю.Б. Харитона, численные оценки критических параметров сделаны не были. Впервые (по крайней мере, в отечественной литературе) это сделал А.И. Лейпунский и опубликовал в статье «Деление урана». Он пришел к выводу, что цепная реакция возможна в смеси урана-235 с водородом и в тяжеловодном реакторе на природном уране. В смеси же природного урана с водородом цепная реакция возникнуть не может.

С началом войны работы советских ученых в области ядерной физики прекратились. Институты перешли на выполнение оборонной тематики. В ноябре 1941 г. президиум АН УССР переводит А.И. Лейпунского в эвакуированный в Уфу Институт физики и математики. Под его руководством в институте были разработаны новые методы спектрального анализа, успешно внедренные на оборонных предприятиях страны, и созданы первые советские выпрямители для фронтальных аппаратов связи.

В 1943 г. учреждения Академии наук УССР, в том числе и Институт физики и математики, переводятся из Уфы в Москву, где А.И. Лейпунского привлекают к научно-исследовательской и организационной работе по атомной проблеме. В 1944 г. он создает в Институте физики и математики АН УССР отдел ядерной физики, основной задачей которого стало получение данных о нейтронно-ядерных взаимодействиях, необходимых для создания атомной техники, в том числе атомных реакторов.

А.И. Лейпунский стоял у истоков подготовки специалистов для атомной промышленности. В начале 1946 г. в Московском механическом институте, впоследствии переименованном в Московский инженерно-физический институт (МИФИ), был организован факультет для подготовки инженеров-физиков. Первым деканом этого факультета был А.И. Лейпунский.

С 1946 по 1949 г. А.И. Лейпунский работал заместителем начальника Девятого управления МВД СССР А.П. Завенягина по науке, входил в НТС Первого главного управления при СМ СССР, активно участвовал в создании новых научных центров, в решении многих научно-исследовательских и организационных проблем. В частности он руководил организацией и становлением научной работы в созданной в 1946 г. Лаборатории «В» (как тогда назывался Физико-энергетический институт).

27 августа 1949 г. А.И. Лейпунский назначается заведующим научным отделом Лаборатории «В». Теперь жизнь ученого оказывается связанной с Обнинском, с Физико-энергетическим институтом, где он разворачивает и возглавляет исследования по разработке и созданию реакторов на быстрых нейтронах.

В докладной записке А.И. Лейпунского, Д.И. Блохинцева и А.Д. Зверева, представленной в октябре 1949 г. на имя заместителя начальника ПГУ при СМ СССР А.П. Завенягина, ставится вопрос о необходимости развертывания работ по созданию энергетических реакторов; для этого предлагается развивать «работы по различным энергетическим системам с целью их сопоставления и выбора наиболее эффективных путей решения задач. В записке отмечается, что лаборатория «В» готова взять на себя разработку не только бериллиевого реактора с охлаждением гелием, висмутом и водой, но и разработку реакторных систем на быстрых и промежуточных нейтронах с различными охладителями. Для выполнения этих работ, говорится в записке, Лаборатория нуждается «в создании сильных теплотехнического и материаловедческого отделов, увеличении штатов и оборудовании».

В июле 1950 г. А.И. Лейпунский представляет для рассмотрения на НТС ПГУ СМ СССР доклад «Системы на быстрых нейтронах». В докладе он обосновывает возможности расширенного воспроизводства в реакторах на быстрых нейтронах и выдвигает предложение по его экспериментальному обоснованию и проведению первоочередных исследований в этом направлении. Для этого предлагается «построить опытную систему, которая позволит решить вопрос о воспроизводстве и получить данные для проектирования промышленного агрегата».

По инициативе А.И. Лейпунского в Лаборатории «В» развернуты работы по жидкометаллическим теплоносителям (ЖМТ). В 1951 г. создан первый стенд с ЖМТ свинец-висмут, а в 1953 г. – экспериментальные стенды с циркулирующим натрием и натрием-калием. Начались работы по изучению их технологии и коррозии конструкционных материалов в натрии. Одновременно разворачиваются работы по теории реакторов на быстрых нейтронах, вводится важное понятие ценности нейтронов, проводятся первые расчеты быстрых реакторов. Начинаются эксперименты по исследованию процессов взаимодействия нейтронов с ядрами в широком диапазоне энергий спектра деления. Эти исследования сыграли важную роль в обосновании идеи расширенного воспроизводства.

Под руководством А.И. Лейпунского осуществлены первые проработки высокотемпературных ядерных установок с ЖМТ. В апреле 1955 г. в Лаборатории «В» создан первый экспериментальный реактор на быстрых нейтронах БР-1 мощностью 100 Вт, а в 1956 г. пущен БР-2 мощностью 100 кВт с ртутным охлаждением. В качестве топлива в этих реакторах использовался металлический плутоний. Одновременно началось проектирование экспериментального реактора на быстрых нейтронах БР-5 мощностью 5 МВт с натриевым теплоносителем и окисью плутония в качестве топлива. В 1959 г. реактор БР-5 сдан в эксплуатацию и выведен на проектную мощность. В дальнейшем, после реконструкции и повышения мощности, реактор БР-5 стал называться БР-10.

В мае 1959 г. А.И. Лейпунский назначается научным руководителем Лаборатории «В». За исследования по физике реакторов на быстрых нейтронах А.И. Лейпунскому и группе ученых Лаборатории «В» в 1960 г. присуждена Ленинская премия. В 1963 г. А.И. Лейпунскому присвоено звание Героя Социалистического Труда.

А.И. Лейпунский был инициатором создания ядерных реакторов с ЖМТ для подводного флота. Под его научным руководством в Лаборатории «В» создается наземный прототип ядерно-энергетической реакторной установки на промежуточных нейтронах с бериллиевым замедлителем и свинцово-висмутовым теплоносителем (стенд

27/ВТ). На основе этой установки был построен головной образец атомной подводной лодки (АПЛ). В 1964г. эта АПЛ совершила первый 50-суточный автономный подводный поход без всплытия на поверхность.

По инициативе А.И. Лейпунского началось также использование ядерных реакторов в космических исследованиях. Под научным руководством ФЭИ в 1962 г. разработан проект компактного ядерного реактора на быстрых нейтронах для космической ЯЭУ «БУК» с прямым преобразованием тепловой энергии в электрическую. В институте создается уникальный экспериментальный стенд для полномасштабных реакторов-преобразователей. В 1970 г. на этом стенде проведены комплексные испытания ядерной термоэмиссионной установки «Топаз» – прототипа бортовой космической ЯЭУ, разработанной под научным руководством ФЭИ.

Для расширения экспериментальной базы в области исследования быстрых реакторов в 1961 г. в ФЭИ вводится в строй стенд БФС-1, а в 1970 г. – стенды БФС-2 и КОБР для моделирования активных зон быстрых реакторов. В 1969 г. в г. Мелекесе (Димитровград) пускается опытный реактор на быстрых нейтронах БОР-60 с натриевым теплоносителем.

В 1964 году в г. Шевченко на Каспии началось строительство разработанной в ФЭИ АЭС с реактором БН-350. Это первый промышленный энергетический реактор на быстрых нейтронах, предназначенный для выработки электроэнергии и опреснения морской воды (введен в строй в 1973 г.). В 1969 г. начато строительство третьего блока Белоярской АЭС с реактором БН-600 - самым крупным тогда по мощности в мире реактором на быстрых нейтронах (введен в строй в 1980 г.).

Однако А.И. Лейпунскому не суждено было увидеть торжество своих идей. Он скоропостижно скончался 14 августа 1972 г.

Жизнь А.И. Лейпунского не была легкой и безоблачной. Ему пришлось преодолеть множество научных и технических трудностей, пройти через неверие в перспективность научного направления, которым он руководил. Но он имел мужество жить, не подстраиваясь к часто меняющейся конъюнктуре, и оставаться самим собой в любой ситуации, отдавая всего себя делу, которое выбрал. Его деяния намного пережили его самого. Жизнь, научный и технический подвиг Александра Ильича Лейпунского - достойный пример служения своему Отечеству.

А.И. ЛЕЙПУНСКИЙ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА НА УКРАИНЕ

Ю.Н. Ранюк

Харьковский физико-технический институт, г. Харьков, Украина

Одно из наиболее видных мест в Пантеоне советских физиков-ядерщиков, безусловно, принадлежит академику Академии наук Украины Александру Ильичу Лейпунскому. С его именем связаны становление Украинского физико-технического института в Харькове, организация и начало в нем ядерно-физических исследований, успешное расщепление атомного ядра искусственно ускоренными протонами. Он был одним из первых, кто постиг перспективы, обусловленные открытием нейтрона для изучения строения атомного ядра и реакции деления для ядерной энергетики.

С Украиной связаны успехи и печальные страницы жизни ученого. В 30 лет он возглавил Украинский физико-технический институт в Харькове. В 31 год стал академиком Украинской Академии наук. В 35 лет был арестован.

В 1941 году А.И. Лейпунский стал директором киевского Института физики и математики. В 1944 г. он организовал и возглавил ядерно-физические исследования в Киеве. А.И. Лейпунский стоял у колыбели этих исследований как в Харькове, так и в Киеве. Он и руководимые им коллективы внесли значительный вклад в развитие нейтронной физики, физики ускорителей заряженных частиц, физики деления атомного ядра, в создание атомного оружия.

В статье на основе архивных материалов рассмотрены страницы жизни и научной деятельности выдающегося ученого в 30-е – 40-е гг.

ЛИЧНОЕ ДЕЛО ИЗ АРХИВА ОТДЕЛА КАДРОВ УФТИ

Совсем невероятным представляется факт наличия в архиве Харьковского физико-технического института (до войны Украинский физико-технический институт, УФТИ) личного дела Лейпунского довоенного периода. Оно единственное, другого подобного дела тех времен в архиве УФТИ нет – ведь архив погиб во время войны. Причина того, что упомянутое дело сохранилось, скорее всего одна – в начале войны оно находилось в более надежном месте, чем архив УФТИ, в обкоме партии или в НКВД. Кроме того, в Харьковском областном архиве ныне хранятся личные дела Лейпунского из бывших партийного и НКВД архивов. Ниже мы приводим некоторые документы, отобранные нами из этих дел [1].

С момента создания Украинского физико-технического института А.И. Лейпунский был назначен заместителем директора И.В. Обреимова.

Выписка из приказа №4 по Украинскому физико-техническому институту от 26.03.29, г. Харьков:

«2. Назначить на должность ст. физика с выполнением обязанностей заместителя директора Физ. Тех. Инст. тов. Лейпунского А.И. с 1.03 с выплатой ему половины оклада 200 руб. в месяц».

5 августа 1933 года Лейпунский был назначен директором УФТИ. В этой должности он пробыл всего полгода, после чего, в апреле 1934 г. согласно командировке Народного комиссариата тяжелой промышленности отъезжает в Германию и Англию.

Александр Вайсберг в своей книге воспоминаний писал[2]: «В 1929 году Украинское правительство решило создать физико-технический институт в Харькове. Физиков пригласили из Ленинграда, старого центра русской науки. Директором был назначен ученый старой школы Иван Васильевич Обреимов. Молодой коммунист Лейпунский был при нем в роли “красного директора”. Незаметно руководство институтом перешло к Лейпунскому. Ему было 26 лет, но все признавали его авторитет. Он легко, почти весело, справлялся с административными делами».

Первым выдающимся научным и организационным достижением Лейпунского в Харькове была переориентация в середине 1931 года Высоковольтной бригады на ядерную тематику, создание необходимого экспериментального оборудования и успешное осуществление 10 ноября 1932 г. опыта по расщеплению атомного ядра искусственно ускоренными протонами. Подготовка к опыту по расщеплению атомного ядра искусственно ускоренными протонами в Харькове, как и в Кембридже, была начата по инициативе Георгия Гамова.

В 1932 г. в УФТИ началось строительство огромного Высоковольтного лабораторного корпуса. Его строителем считается А.И. Лейпунский. В этом корпусе разместился крупнейший в мире электростатический ускоритель Ван Граафа. В этом корпусе А.И. Лейпунский жил. Здесь он был арестован. В 1946 году в Высоковольтном корпусе разместилась сверхсекретная Спецлаборатория №1.

План заграничной командировки А.И. Лейпунского

«Основная задача командировки – овладение опытом экспериментальной работы в области изучения ядра, накопленным в лучшей лаборатории мира в Кембридже.

Я предлагаю осуществить там:

Практикум по радиоактивности (1 месяц).

Ознакомление с работой автоматической камеры Вильсона, что работает от счетчика Гейгера-Мюллера (15 дней).

Ознакомление с работой пропорционального счетчика (15 дней).

Ознакомление с методикой работы с нейтронами (15 дней).

Ознакомление с методикой работы с гамма-лучами (15 дней).

Общий срок пребывания в Кембридже – 5 месяцев.

Кроме Кембриджа я хочу посетить наибольшие лаборатории Европы, где можно чему-нибудь научиться. Наиболее интересные из них такие:

Берлин. Здесь интересны работы по нейтронам.

Берлин. Работы по импульсному генератору.

Париж. Здесь интересны классические опыты по радиоактивности и опыты по нейтронам.

Вена. Здесь интересны работы по разрушению ядер частицами и нейтронами».

Таким был план командировки, который А.И. Лейпунский составил сам для себя.

Протокол заседания треугольника УФТИ о командировке А.И. Лейпунского в Германию и Англию:

Слушали: О научной командировке за границу научного руководителя ядерной группы, заместителя директора УФТИ Лейпунского А.И.

Постановили: Треугольник УФТИ считает, что заграничная командировка Лейпунского в Германию и Англию для овладения опытом ведущихся экспериментальных работ в области изучения ядра является необходимой для повышения экспериментального уровня работ по ядру, ведущихся в Советском Союзе, и принесет большую пользу для развития физики в СССР.

Кандидатура т. Лейпунского как способного физика-партийца, являющегося ини-

циатором и организатором в УФТИ работ по исследованию ядра, полностью подходит, и треугольник заграничную командировку Лейпунского целиком поддерживает. Подписи.

А.И. Лейпунский имел еще одно важное задание. Перед отъездом он встречался с Наркомом Серго Орджоникидзе и согласовал с ним намерение пригласить на работу в ХФТИ известных берлинских физиков Ф. Ланге и Ф. Хоутерманса. Этот пункт командировки был с успехом выполнен – когда Лейпунский возвратился из командировки в Харьков, оба ученые уже состояли в штате УФТИ. Но ни он сам, ни, тем паче, немецкие физики представления не имели о том, что это приглашение станет основным аргументом при обвинении Лейпунского в потворстве шпионам, а самих иностранных ученых в шпионаже.

Но это будет в 1937 году. А в 1934 А.И. Лейпунский, забыв составленные им же самим планы, первым в мире решил экспериментально доказать факт существования нейтрино. И делал он это ни где нибудь, а в Кавендишской лаборатории всемирно известного сэра Эрнеста Резерфорда в Кембриджском университете Англии.

Хотя при постановке опыта и его выполнении А.И. Лейпунский обнаружил много изобретательности и настойчивости, он ограничился выводами качественного характера. В своей статье, опубликованной в 1936 году в английском журнале, он утверждал, что полученные им экспериментальные данные имеют недостаточную точность для того, чтобы сделать окончательные выводы в пользу эмиссии нейтрино в β -распаде.

В конце статьи он написал: «В заключение я с большим удовлетворением выражаю благодарность лорду Резерфорду за разрешение работать в его лаборатории, профессору Чедвику за проявленное внимание и полезные советы и д-ру Кокрофту, который любезно предоставил мне источник активного углерода» [3].

Резолюция научного Совета УФТИ:

Научный Совет Украинского физико-технического института выдвигает кандидатуру директора института А.И. Лейпунского в действительные члены Украинской Академии наук. Научные работы тов. Лейпунского в области изучения атомных и молекулярных систем и процессов передачи энергии между ними характеризуют его как одного из наиболее выдающихся молодых физиков Союза.

Тов. Лейпунский является одним из организаторов УФТИ, который поставил в нем работы по изучению атомного ядра и мобилизовал на эту задачу сильную группу научных работников института.

Своевременно организовав и поставив эти работы, Лейпунский обеспечил УФТИ пионерскую роль в этой важнейшей для современной физики области и закрепил за институтом руководящее положение в ней.

Председатель научного Совета
ВрИО директора

Обреимов
Гей

17 мая 1934 года Лейпунский был избран академиком Украинской Академии наук.

В сентябре 1934 года А.И. Лейпунский приехал на две недели домой. Вместе с ним в УФТИ прибыл заместитель директора Кавендишской лаборатории Петр Капица. Прибывшие сфотографировались на память на ступенях Лабораторного корпуса.

Во время отсутствия А.И. Лейпунского директором УФТИ был назначен С. Давыдович, и началась драма института. А.И. Лейпунский был вынужден досрочно возвратиться в Харьков, где 15.10.35 был назначен научным руководителем и заместителем директора по научной работе, а с 1.12.35 – снова директором УФТИ.

Выписка из приказа по Наркомату тяжелой промышленности N 1256, г. Москва, 29.11.35

Параграф 8

Т. Лейпунский А.И. назначается директором Украинского физико-технического института в связи с увольнением с этой работы т. Давыдовича С.А.

Нарком тяжелой промышленности С. Орджоникидзе

Характеристика на тов. Лейпунского А.И.

Т. Лейпунский А.И., рождения 1903 г., член партии с 1930 г. С начала 1927 г. начал работать физиком в Ленинградском физико-техническом институте. Является организатором УФТИ, состоял в начале его организации Зам. директора по научной части и с 1933 года директором института. В 1934 г. т. Лейпунский выбран действительным членом Всеукраинской Академии Наук. Имеет 14 напечатанных научных работ в области физики.

Т. Лейпунский А.И. является одним из инициаторов и организаторов работ по изучению атомного ядра, мобилизовавшим для выполнения этой важнейшей задачи сильную группу научных работников Ин-та.

Своевременной организацией и постановкой работы по физике ядра т. Лейпунский А.И. обеспечил УФТИ ведущую роль в деле развития советской физики.

Т. Лейпунский А.И. организовал в 1932 году издание журнала "Советская физика" (Physicalische Zeitschrift der Sowietunion) на иностранных языках и является его ответственным редактором. Т. Лейпунский А.И., будучи научным работником в советской физике, кроме того, является также общественным деятелем, он член парткома УФТИ, член Кагановичского РПК, и кандидат ГПК г. Харькова.

С марта месяца 1934 г. Лейпунский А.И. находился в научной командировке за границей. Работал в Кембридже у Резерфорда. По возвращении в декабре 1935 г. т. Лейпунский снова был назначен директором УФТИ, где работает и сейчас.

Зам. Директора УФТИ

(подпись неразборчиво)

Секретарь ПК

Гарбер

Секретарь МК

Бариленко

(Без даты)

После возвращения из Англии научные интересы А.И. Лейпунского сосредотачиваются на нейтронной физике. Эту тематику он привез из Кембриджа и создал новую лабораторию и новый коллектив. Его интересовало замедление и термализация нейтронов в различных средах и при разных температурах, сечения рассеяния и поглощения нейтронов в зависимости от их энергии, возбуждение ядерных уровней при рассеянии нейтронов.

Видное место в его работе занимали опыты по исследованию температурной зависимости взаимодействия тепловых нейтронов и проверке теоретического закона Ю. Вигнера, который описывает энергетическую зависимость взаимодействия нейтронов с ядрами [4]. Нейтронные данные, полученные А.И. Лейпунским и его сотрудниками уже после войны, долго публиковались в иностранных справочниках.

По делам службы А.И. Лейпунскому часто приходилось общаться с руководителями Наркомата тяжелой промышленности, которые позже стали жертвами показательных политических процессов. Это заместитель Наркома Ю. Пятаков, руководитель Научного сектора Наркомата Н. Бухарин и другие. Именно в этот сектор организационно входил Украинский физико-технический институт. Следует отметить, что А.И. Лейпунского с этими людьми связывали не только служебные, но и чисто человеческие, дружеские отношения. При жизни Наркому Серго Орджоникидзе хотя и с трудом, но удавалось уберечь своих людей от сталинской инквизиции. С его смер-

тью маховик репрессий начал с особым безумством раскручиваться в его министерстве, где было много талантливых людей. Вскоре дошла очередь и до Лейпунского, который давно уже разрабатывался НКВД как один из руководителей шпионско-диверсионной организации, окопавшейся в УФТИ.

Приказ

Наркома тяжелой промышленности N 755/к 16 сентября 1937 г.

Лейпунского А.И., директора Украинского научно-исследовательского физико-технического института с работы снять.

Заместитель Наркома тяжелой промышленности

Завенягин.

Так начался продолжительный путь Лейпунского к аресту.

После увольнения с должности директора Лейпунский продолжает работать в УФТИ научным руководителем радиоактивной лаборатории. После смерти в августе 1939 г. начальника Физического отдела Радиового института в Ленинграде Л. Мысовского директор Хлопин пригласил на его место Лейпунского, но тот ограничился ролью консультанта и члена Ученого совета. Это было началом широкого привлечения Лейпунского к работе в различных научных учреждениях страны.

Лейпунский был участником всех довоенных Всесоюзных ядерных конференций. Сразу после открытия деления урана Лейпунский одним из первых понял большие потенциальные возможности этой уникальной реакции для высвобождения энергии атомного ядра. На 4-м Всесоюзном совещании, состоявшемся 15-20 ноября 1939 года в Харькове, он выступил с обзорным докладом по физике деления атомного ядра.

Лейпунский был участником почти всех акций, направленных на привлечение внимания научной общественности и правительства к «урановой проблеме». Принимал активное участие в работе Ядерной и Урановой комиссий Академии наук СССР.

Начиная с 1939 года УФТИ начинает работать над проблемой «изучение деления урана», научным руководителем которой был Лейпунский.

Будучи энтузиастом ядерной энергетики, Лейпунский терпеть не мог разговоров об атомной бомбе. Дело дошло до того, что его аспирант Маслов, который желал заняться проблемой атомной бомбы, был вынужден перейти работать в лабораторию Ф. Ланге. В 1946 году Маслов получил авторские свидетельства на изобретение «Атомной бомбы...» и «Центрифуги для разделения изотопов». В 1949 году за участие в разработке первой советской атомной бомбы А.И. Лейпунский был награжден Орденом Ленина, а его ближайший сотрудник по Харькову Тимошук Д.В. – орденом Трудового красного знамени.

Первый раз Лейпунского на посту директора института заменил Семен Давыдович. Произошло это 1 декабря 1935 года. После второго увольнения директором в октябре 1937 г. был назначен Александр Шпетный, аспирант Лейпунского. В обоих случаях новые директора, заменившие академика, не имели никаких научных степеней. Более того, оба к моменту назначения на высокий пост не имели ни одной научной публикации.

Лейпунский пользовался огромным уважением и безоговорочным авторитетом своих сотрудников и физиков всей страны. Это была харизматическая личность.

Вот что писала в письме своей сестре в Англию Эдна Купер, жена коллеги Лейпунского Кирилла Синельникова 1 марта 1936 г.[5]:

«Александр Лейпунский, как всегда, очарователен, создается впечатление, что все женщины института в него влюблены. Я пытаюсь быть исключением».

А вот как его характеризовал Александр Вайсберг[1]:

«Александр Ильич Лейпунский был единственным из советских людей, кого я сразу полюбил. Он излучал очарование, которому никто не мог противостоять. В то время ему было 33 года. Среднего роста, стройный, с ясными голубыми глазами и черными волосами. Его крепкая фигура свидетельствовала о пролетарском происхождении. Он был самым талантливым среди молодых физиков Советского Союза и находился на границе двух поколений... Он происходил из молодого поколения, которое приобретало образование в советское время, но имел такой широкий научный кругозор, которого молодые не имели. Был он пролетарского происхождения в советском смысле этого слова, его отец был рабочим и строил дороги.

Сам Лейпунский три года работал на фабрике в провинции. Он смог подготовиться к учебе, вступил в комсомол и в партию и был направлен в физический институт в Ленинград, которым руководил профессор Йоффе... Лейпунский был очень скромным в жизни. В 1931 году я поехал вместе с ним в Москву получать разрешение на издание научного журнала. Хотя я пробыл к тому времени в Советском Союзе всего несколько недель, мы успели найти общий язык. В это время зарплата коммунистов ограничивалась так называемым партмаксимумом, который не позволял получать больше, чем 250 рублей в месяц. Но цены были высокими, и это была очень низкая зарплата. Перед отъездом я заметил, что туфли Лейпунского имеют слишком большие дырки. Я сказал ему: «Александр Ильич, нельзя так ехать в Москву да еще в Народный комиссариат», на что он ответил: «Не имею других. А купить новые сейчас очень дорого. Похожу в этих, летом у нас почти нет дождей.

Лейпунский духовно тоже находился меж двух поколений. Он был далек как от рафинированной интеллигенции старой школы, так и от примитивизированной советской. Он был очень сдержанным человеком, много не говорил, зато очень внимательно слушал, и было видно, что он все понимает. В беседе был настолько внимательным, что собеседнику, если даже он говорил сам, всегда казалось, что он участвовал в дискуссии».

ИСКЛЮЧЕНИЕ ИЗ ПАРТИИ И АРЕСТ

Лишь люди, которые жили в те времена, знают, что означало исключение из партии [6]. Исключение из партии означало потерю работы, друзей, обращение человека в изгоя, фактически исключение из жизни. Это был не только крест на карьере. Это была прелюдия к аресту и возможному расстрелу. Сразу после освобождения из заключения Лейпунский начал ходатайствовать о восстановлении его в партии. Так возникло его ныне хранящееся в бывшем партийном архиве личное дело, законченное 16.01.47. Почти 10 лет Александр Ильич боролся за восстановление своего честного имени. Ему предлагали вступить в партию на общих основаниях, но он в конце-концов добился своего и был восстановлен в партии без потери стажа [6].

Что же послужило формальной причиной исключения из партии и последующего ареста? Процитируем некоторые документы.

«О Лейпунском Александре Ильиче, 1903 года рождения. Был членом ВКП(б) с 1930 года, партбилет № 1674156, еврей, служащий, образование высшее. Во время возникновения дела работал директором УФТИ.

Тов. Лейпунский в 1937-38 годах работал директором УФТИ. Во время работы допустил притупление партийной бдительности к отдельным научным работникам, которые были разоблачены как враги.

15 мая 1938 г. решением Партколлегии при уполномоченном комиссии партийного контроля при ЦК ВКП(б) по Харьковской области, Лейпунский А.И. за потерю большевистской бдительности из членов ВКП(б) исключен».

Справка

Лейпунский работал директором УФТИ в 1937 г., где имела место большая засоренность классово чуждыми элементами.

Лейпунским были приглашены специалисты иностранцы Хоутерманс со своей семьей, Ланге со своим ассистентом Кон-Петерсом. Позже Хоутерманс был арестован, Кон-Петерс выслан из СССР.

Доверял ответственные участки работы людям, которые не вызывали политического доверия и оказались врагами народа (Шубников, Вайсберг и др.). Кроме того, защищал их от справедливых требований партийной организации.

Январь 1947 г.

Дело о восстановлении в партии сдвинулось с мертвой точки лишь после вмешательства А.П. Завенягина, который к тому времени был заместителем начальника Первого главного управления [7].

Секретно

Характеристика

Тов. Лейпунский Александр Ильич работает в Министерстве Внутренних Дел СССР в должности Зам. Нач. Управления.

За время работы в Управлении тов. Лейпунский Александр Ильич показал себя высококвалифицированным специалистом, хорошо знающим ту отрасль науки, которой он руководит в МВД СССР.

Порученную ему работу тов. Лейпунский выполняет добросовестно и аккуратно.

Характеристика дана для предъявления в Партколлегию при Харьковском обкоме и горкоме КП(б)У.

Зам. Министра внутренних дел СССР

Генерал-лейтенант ЗАВЕНЯГИН

1 ноября 1946

Отметим, что столь блестящую характеристику Лейпунскому подписал тот самый Завенягин, который 16 сентября 1937 г. издал приказ о его увольнении с поста директора УФТИ.

«Учитывая, что Лейпунский А.И. свои ошибки – притупление партийной бдительности – признал и осудил их, на протяжении последних лет проводил большую научную работу и принимал участие в общественно-политической работе, решение Харьковского городского комитета КП(б)У от 6 сентября 1940 года отменить...Лейпунского А.И. членом ВКП(б)У возобновить без прекращения стажа».

В своем заявлении с просьбой о пересмотре вопроса о возобновлении в члены ВКП(б) Лейпунский писал:

«Я действительно хорошо понимаю, что совершил ряд грубых политических ошибок. Я настолько утратил большевистскую бдительность, что без толку доверял званию братских компартий, дал возможность укрепиться в институте ряду врагов народа, доверяя этим врагам, а также защищал их от справедливых требований парторганизации. Ценя научную квалификацию некоторых работников института, которые оказались врагами народа, я мало боролся с их вредительской работой в области подготовки кадров молодых советских ученых».

«В руководстве институтом я вел гнилую политическую линию, линию гнилого либерализма по отношению к врагам народа, линию, которая свидетельствует о том, что я оказался не в состоянии давать политическую оценку ряда фактов в жизни института, линию, которая характеризовала меня как человека, что утратил большевистскую бдительность и своей политической слепотой создал благоприятные условия для вражеской деятельности в институте».



А.И.Лейпунский



Памятный знак, посвященный 70-летию расщепления атомного ядра

Контрольная переписка к следственному делу.

Постановление о продлении срока содержания под стражей

г. Киев 1938 г., июнь 31 дня

Я, оперуполномоченный 3 отдела УГБ НКВД СССР сержант госбезопасности Голубчиков, рассмотрев следственное дело 148169 по обвинению Лейпунского Александра Ильича по ст. 54-05 нашел:

Лейпунский А.И. является агентом германской разведки с 1934 года, завербован для шпионско-диверсионной работы представителем гестапо Хоутермансом Фрицем Оттовичем. В 1935 году Лейпунский добился разрешения советского правительства на приезд в СССР Хоутерманса и устроил его на работу в УФТИ как иноспециалиста. По заданиям разведки, полученным через Хоутерманса, Лейпунский систематически собирал и передавал Хоутермансу шпионские сведения о важных научных работах в области атомной физики. Пользуясь наличием связей в Ленинградском физико-техническом институте, добывал там материалы о ходе работ по разрешению новых научно-физических проблем, передавал эти материалы Хоутермансу. Принимая во внимание, что следствием вскрывается широкая шпионская диверсионная деятельность Лейпунского, его связь в этой области с контрреволюционным правотроцкистским подпольем, что надлежит произвести документацию подрывной работы и аресты проходящих лиц, а срок ведения следствия и содержания обвиняемого Лейпунского под стражей истекает 14.08.1938 г., руководствуясь статьей УПК УССР

П О С Т А Н О В И Л

:

Возбудить ходатайство перед Верховным Советом СССР о продлении срока ведения следствия и содержания под стражей обвиняемого Лейпунского на два месяца, то есть до 14 октября 1938 года”.

Лейпунский был арестован 13 июня 1938 года сразу по возвращении его из отпуска и самолетом в сопровождении спецконвоя отправлен в Киев.

Под следствием А.И. Лейпунский пробыл недолго – с 14 июня по 9 августа 1938 года. Свое внезапное освобождение он сам объяснял сменой руководства НКВД. Нет сомнения, что следователи, освобождая академика из заключения, выполняли чью то волю. Но чью именно – из дела не видно.

По некоторым свидетельствам «вытащил» его из тюрьмы Президент АН Украины Богомолец. Но какие-то документы, которые свидетельствовали бы об этом, нам неизвестны.

Как видно из документов, обвинения в адрес А.И. Лейпунского по партийной линии и по линии органов внутренних дел были одни и те же: потеря бдительности. В институте, руководимом А.И. Лейпунским, имели место аресты. Врагами народа были объявлены выдающиеся ученые: Ландау, Шубников, Горский, Розенкевич, Хоутерманс и другие. В своих официальных заявлениях на имя партийного руководства и следователей А.И. Лейпунскому ничего другого не оставалось, как каяться в потере бдительности.

Киев. В 1941 году на территории Украины началась вторая мировая война. В ХФТИ почти все фундаментальные исследования были свернуты, большинство тем носили оборонный характер.

Вот как пишет об этом сам А.И. Лейпунский в своей автобиографии, датированной 22 июня 1952 года и хранящейся в Киевском институте физики:

«Вместе с Академией наук УССР в октябре 1941 г. эвакуировался в УФУ. Там работал до 1944 г. директором Института физики. После реэвакуации Института физики в Киев продолжал работать там директором института. В 1946 году Харьковским Об-

комом ВКП(б) был восстановлен в партии без взысканий. (Лейпунский в октябре 1941 года возглавил институт физики и математики АН УССР, объединенный в связи с войной и эвакуацией Института физики и Института математики АН УССР). В 1944-49 гг. был директором института физики.

В 1946 году был назначен заместителем начальника Управления Министерства внутренних дел СССР и проработал в этой должности до 1949 года. Одновременно работал в Лаборатории № 3 зав. сектором. С 1949 г. заведую отделом в организации п.я. 276.

С 1946 по 1947 был деканом инженерно-физического факультета Московского механического института, с 1946 г. заведовал там кафедрой».

Может возникнуть законный вопрос: почему в личном деле А.И. Лейпунского в Киевском институте физики находятся документы, датированные 1952 годом?

Выписка из протокола №2

Заседания Ученого Совета Института Физики АН УССР

От 19 января 1953 года

СЛУШАЛИ: О присуждении действительному члену АН УССР А.И. Лейпунскому ученого звания профессора по экспериментальной физике /А.С. Давыдов/

ПОСТАНОВИЛИ: На основании результатов тайного голосования Ученый Совет присуждает действительному члену АН УССР ученое звание профессора по экспериментальной физике.

М.В. Пасечник

Г.А. Федорус

Таким образом, и академиком и профессором Лейпунский стал в Украине.

Из Характеристики

С 1943 г. по 1949 г. А.И. Лейпунский работал директором Института физики АН УССР и научным руководителем отдела Института физики.

Удачно сочетая талант ученого с талантом научного организатора, А.И. Лейпунский во многом содействовал развитию советской физики.

Директор института физики

М.В. Пасечник

В Киеве Лейпунский организовал получение данных о нейтроно-ядерном взаимодействии, которые необходимы для создания атомной техники, в том числе и атомных реакторов. С этой целью были созданы несколько нейтронных генераторов. В дальнейшем киевские Институт физики и Институт ядерной физики стали известными в стране и за рубежом своими работами по нейтронной физике.

8 августа 1945 года А.И. Лейпунский написал письмо Сталину с обоснованием необходимости сооружения в Киеве циклотрона. Оно начинается так [7]:

«В 1941 году СНК СССР и ЦК ВКП(б) приняли постановление о строительстве украинского циклотрона (в Харькове) и дали указание Госплану СССР обеспечить это строительство материалами и оборудованием. Однако, в связи с началом войны постановление это не могло быть выполнено.

В прошлом 1944 году согласно постановлению СНК УССР и ЦК КП(б)У нам был отведен участок для строительства циклотрона на окраине Киева и к настоящему времени выполнены проектные работы....

На основании изложенного прошу Вас:

Разрешить строительство циклотронной лаборатории и построить ее в кратчайший срок – 2 года.

1. Дать распоряжение о создании киевской группе возможностей для работы, для

чего передать нам один из малых циклотронов и одну из высоковольтных установок, полученных из Германии Лабораторией № 2, а также поставить нашу лабораторию в особые условия технического снабжения и финансирования.

Директор Института физики АН УССР
 Действительный член Академии наук УССР А. Лейпунский

Письмо было написано, очевидно, ввиду невозможности решить вопрос обычными каналами. Оно было передано для рассмотрения на заседании Научно-технического совета. Положительное решение, видимо, так и не было принято.

Из вышеприведенной характеристики: «Как действительный член АН УССР А.И. Лейпунский и после перевода на работу в г. Москву продолжает принимать участие своими ценными консультациями в работе института физики АН УССР».

Литература

1. Ранюк Ю. Лаборатория №1. - Харьков: Акта, 2001. - 600 с.
2. Weissberg-Cybulski A. von. Hexensabbat. Russland im Schmelzetziegel der Sauberungen. — Frankfurt am Main, 1951.
3. Лейпунский А. И. Измерение энергетического распределения атомов отдачи при β -распаде и существование нейтрино. Лейпунский А. И. Избранные труды. Воспоминания / Под ред. Б. Ф. Громова. - Киев, 1990; Proc. Camb. Philos. Soc. - 1936. - Vol. 32. - P. 301 – 303.
4. Шубников Л. В. Избранные труды. Воспоминания. - Киев, 1990.
5. I married a russian. Letters from Kharkov / Ed. by Lucie Stret. - London, 1944.
6. Павленко Ю. В., Ранюк Ю. Н., Храмов Ю. А. Дело УФТИ. — Киев, 1998.
7. Атомный проект СССР. Документы и материалы/ Под общ. ред. Л. Д. Рябева. Т. I. 1938-1945. — Ч. 2. - М.: Из-во МФТИ, 2002. - 343 с.