

# MEMORIA

П.Е. Суетин

## У ИСТОКОВ АТОМНОЙ ПРОБЛЕМЫ. КАК НАЧИНАЛСЯ УРАЛЬСКИЙ ФИЗТЕХ

Скоро минет пятьдесят лет со дня взрыва первой советской атомной бомбы и организации физико-технического факультета в Уральском политехническом институте (УПИ) Екатеринбурга (Свердловска). В 1949 году началась плановая подготовка инженеров-физиков для новой важной отрасли промышленности — атомной. К этому времени стало ясно, что оборона страны и будущая атомная энергетика требуют организации большого ряда специфических, не существовавших ранее, наукоемких производств, которые должны быть в плановом порядке обеспечены хорошо образованными, квалифицированными кадрами. Эпоха научной бури и натиска (1942—1949) закончилась ядерным взрывом, и теперь необходимой стала организация планомерной, систематической работы, рассчитанной на долгие годы, если не на всю оставшуюся историю человечества.

Я был одним из первых студентов физико-технического факультета УПИ, и в процессе обучения мне довелось участвовать в научной работе Лаборатории № 2 — Лаборатории измерительных приборов АН СССР (ЛИП АН СССР) — Института атомной энергии им. И.В. Курчатова (ИАЭ) — так последовательно назывался комплекс лабораторий в Москве, стоявших у истоков атомной проблемы.

Сегодня модно писать мемуары. Вот и я хочу на склоне лет записать некоторые свои воспоминания о том воистину героическом времени становления атомной промышленности и образования в нашей стране, которому был свидетелем. Конечно, с высоты студента, дипломника, аспиранта многое не увидишь, но некоторые личные наблюдения и соображения могут быть полезными и интересными для читателя, да и для истории тоже.

Известно, что мелкие бытовые детали часто характеризуют время лучше и точнее, чем воспоминания крупных деятелей, не имеющих возмож-

ности вникнуть в жизнь простых людей, совместно делающих историческую эпоху.

Весной 1949 года я заканчивал 4-й курс энергетического факультета УПИ по специальности «станции, сети, системы», получил уже дипломное задание по проектированию синхронного компенсатора. Но перед самыми летними каникулами прошел слух об открытии в УПИ нового факультета — физико-технического. Это было интересно, так как взрыв американских бомб в Алмагордо, Хиросиме и Нагасаки вызывал удивление и понимание того, что нам срочно нужно создать свою атомную бомбу. Причем все это выглядело таинственно, почти мистически, поскольку в нашем прежнем физическом образовании совершенно не содержалось каких-либо сведений об идеях и принципах работы атомной бомбы. Что это? Как? Откуда? Мистика?!

Началось формирование учебных групп нового факультета. На базе студентов энергетического факультета была создана учебная группа Ф-516 из 20 человек. На базе металлургического факультета формируются две группы по 25 человек. Происходило это так. Нас индивидуально вызывали в кабинет ректора, Качко Аркадия Семеновича, и после разговора о семейном положении, дальнейших планах и т.д. предлагали перейти на новый факультет и учиться еще два года. Туманно намекали на причастность факультета к атомной проблеме. Вряд ли в то время кто-нибудь в УПИ представлял, о чем идет речь, в том числе и ректор. С первых минут нас предупреждали о соблюдении строжайшей секретности.

По-видимому, наши анкеты тщательно проверяло КГБ. Так, не попал на физтех А.Ф. Добрыдень, поскольку во время войны он жил мальчишкой на оккупированной территории. Кстати, впоследствии это не помешало ему стать заведующим отделом науки обкома КПСС, естественно допущенным ко всем секретам «оборонной» области. Такое было время. Отбирали на физтех хорошо успевающих студентов. Однако не все соглашались перейти на новый факультет. На энергофаке в это время училось много фронтовиков, и некоторые из них отказались от этих предложений, так как были уже семейными и учиться лишний год им было тяжело, тем более что все это выглядело «котом в мешке». Энергофак же гарантировал работу по специальности на крупных электростанциях, диспетчерских пунктах, в управлениях энергетических систем и т.д. А что предлагал физтех?! Пока никто ничего нам не обещал, поскольку заводы еще только проектировались и строились.

Я согласился, так как был молод и не женат, любил физику, и неизвестность не только не пугала меня, но, наоборот, интриговала и привлекала. И хотя мы ничего не знали, но тем не менее невольно вызывали внимание окружающих, что льстило и как бы возвышало нас в собственных глазах. В группе нашей было 6 фронтовиков, из них два инвалида Отечественной войны.

Для занятий нам было выделено несколько комнат в конце второго этажа экономического факультета УПИ. Там же разместились деканат и спецчасть. Все тетради для конспектов были прошнурованы и опечатаны. Мы не имели права выносить их за перегородку, отделяющую факультет от остального института, и были обязаны получать их утром и сдавать в спецчасть после окончания занятий (хотя в это время ни один преподаватель не сообщал нам никаких секретных сведений, так как он их не имел и не мог

иметь). Поскольку конспекты на дом не давали, вводилась самоподготовка, т.е. после занятий мы выполняли домашние задания и закрепляли пройденный материал в одной из комнат. Эта комната отдавалась группе, здесь нам читали лекции, и мы проводили в этой аудитории по 10—12 часов. Стояло здесь и пианино, по-видимому специально предназначенное для заполнения пауз в учебе. Учились мы много и с большим интересом. Часто спорили, читали вслух редкие тогда книги по физике.

Вряд ли кто-либо знал, что именно нам нужно преподавать, и поэтому на всякий случай начали читать университетский курс теоретической физики и дополнительные главы математики. Учебный план, по-видимому, составил тогда профессор С.В. Вонсовский. Он же и приглашал преподавателей из числа научных сотрудников Института физики металлов Уральского филиала Академии наук (ИФМ УФАН).

С.В. Вонсовский читал нам лекции по атомной физике и квантовой механике, А.С. Виглин — аналитической механике и электродинамике, Н.А. Соколов — динамике, статистической физике и механике сплошных сред, А.Н. Орлов — об ускорителях, Н.В. Волкенштейн — вакуумной технике, М.В. Смирнов — радиационной защите от излучений, П.В. Николаев — дополнительные главы математики (вариационное исчисление, специальные функции и др.).

В общежитии нас также поселили всех вместе, отдельно от других, на 5-м этаже 8-го студенческого общежития, со специальным вахтером — тетей Машей.

Мы все время отдавали учебе, завели строгий режим учебы, отдыха и сна. В рестораны ходить нам запрещалось. За посещение ресторана, так нам специально объявили, один студент из нашей группы был исключен и переведен обратно на энергофак. Вообще не рекомендовалось кому-либо сообщать, что ты учишься на физтехе. Учились почти бригадным методом, так как во время самоподготовки домашние задания выполняли все вместе, сообща. Во втором семестре нас направили на практику в ИФМ УФАН СССР для монтажа одного из первых на Урале, да и в стране, ускорителя — бетатрона. После окончания года учебы на физтехе, осенью, нас направили на преддипломную практику и дипломирование. Часть группы была откомандирована в УФАН для окончания монтажа и наладки бетатрона, а В.И. Акимова, С.А. Баженова, Р.Г. Ваганова, Н.А. Плотникова, В.М. Рыжкова, Г.В. Соловьева, П.Е. Суетина — в Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова. Тогда институт назывался Лабораторией измерительных приборов АН СССР.

«Осада» атомной проблемы проводилась сразу по нескольким направлениям, т.е. точно так же, как и в американском Манхэттенском проекте. Так, электромагнитный способ разделения изотопов урана у нас разрабатывал Л.А. Арцимович (в США — лауреат Нобелевской премии Э.О. Лоуренс), имевший производственную базу в уральском городке — Нижней Туре. Проблему разделения изотопов диффузионным методом возглавлял И.К. Кикоин (в США — лауреат Нобелевской премии Г.К. Юри), имеющий производственную базу в Свердловской области, в городке Верх-Нейвинске. Создание реактора и связанную с ним проблему получения оружейного плутония, как и всю проблему в целом, возглавлял сам И.В. Курчатов (в США — лауреаты Нобелевской премии А.Х. Комптон и Э. Ферми), который имел производственную базу на Урале под Челябинском. Не-

посредственно «изделием», т.е. атомной бомбой, занимался Ю.Б. Харитон (в США — Р. Опейгеймер), работавший на производственной базе под Арзамасом в Нижегородской области. Кроме главных руководителей к решению атомной проблемы привлекались все крупные ученые страны. Основные научные исследования были сосредоточены в Москве, в особой лаборатории.

Лаборатория эта располагалась на окраине Москвы, на Октябрьском (Ходынском) поле, занимала площадь в несколько квадратных километров и была огорожена высоким кирпичным забором с охраняемыми проходными.

Прибыли мы в Москву в начале сентября и появились в новом административном здании управления лаборатории, расположенном на нынешней площади им. И.В. Курчатова, — с деревянными сундучками, рюкзаками, мешками. Нас, конечно, никто не ждал. В фойе конторы никого нет, только во всех проходах стоят вооруженные люди, и в стене видно несколько окошечек. Добиться ничего ни от кого нельзя. Все наши вопросы и угрозы никого не волнуют. Тут мы вспомнили, что Игорь Васильевич — наш депутат, мы летом его избирали в Верховный Совет СССР, и попытались втолковать это каждому, кто желал нас слушать. Кто-то, наконец, доложил начальству о том, что приехали практиканты, и нас временно поселили в гримуборную вновь построенного Дворца культуры, который был расположен как раз напротив одной из проходных на территорию лаборатории. Впоследствии, через месяц, нас переселили в более или менее приличное общежитие, которое построили рядом с Дворцом культуры. Началось фотографирование, оформление пропусков, очередное заполнение анкет, дача подписок о «неразглашении» и т.д. Через неделю мы прошли на территорию лаборатории и попали в отдел приборов теплового контроля (ОПТК), который в то время возглавлял профессор И.К. Кикоин. Отдел занимался проблемой диффузионного разделения изотопов урана для военных и энергетических целей. Поставили нас и на особое довольствие (за вредность): ежедневно литр молока и бесплатный обед. Надо сказать, что таких обедов, тем более бесплатных, я больше никогда не ел. Его было более чем достаточно на день, а если к нему еще добавить завтрак и ужин, то нам хватало стипендии, чтобы жить более или менее нормально. Лаборатория была расположена на окраине Москвы (остановка трамвая Покровская — Стрешнево, метро тогда еще не было), так что в Москве мы бывали не чаще одного-двух раз в месяц (театр, экскурсии, баня).

Нас распределили по разным объектам ОПТК. Я попал в отдел, руководимый профессором В.С. Обуховым, которого в Москву, в лабораторию, привез И.К. Кикоин с Урала из УФАНа еще в 1944 году. Владимир Семенович предложил мне заняться изучением сопротивления трубчатого диффузионного фильтра в зависимости от величины оттока газа через его пористую стенку. Обговорили схему экспериментальной установки. В кабинете моего руководителя мне поставили чертежный стол, на котором я в течение месяца делал чертеж установки. В это время я познакомился со многими участниками диффузионного проекта, которые часто заходили в кабинет Владимира Семеновича. Это теоретики проекта — С.Л. Соболев, М.Э. Миллионщиков, Я.А. Смородинский, экспериментаторы — В.Д. Симоненко, И.А. Савельев — автор ныне стабильного учебника по физике для вузов. После изготовления чертежей установки они были сданы в цех. Надо

сказать, что при лаборатории имелся большой механический цех, оснащенный всеми необходимыми станками и обслуживаемый высококвалифицированными мастерами. В то время всем было ясно, что теоретические и экспериментальные научные разработки необходимо немедленно воплотить в металле с тем, чтобы далее внедрить их в промышленность. К сожалению, в последующие 50 лет развития советской науки все ученые неустанно твердили об этом, но так ничего и не добились.

После сдачи чертежей, да и во время их изготовления, я как бы был зачислен в соответствующую экспериментальную группу, лаборатория которой (комната на два окна — 30 м<sup>2</sup>) находилась на первом этаже. Кстати, в этой же комнате я впоследствии занимался и центрифугами. Группа состояла из руководителя — Ивана Яковлевича Исаева и Капитолины Сергеевны Панюхиной (Капа). Иван Яковлевич был своеобразным человеком, с весьма решительными высказываниями по любому поводу. Он делился со мной экспериментальным опытом, и мы вместе готовили вспомогательные устройства для будущей экспериментальной установки. Там же я познакомился с первой ЭВМ — заграничной электромеханической счетной машиной «Мерседес». Капа — молодая сотрудница, тихая и очень скромная девушка, выпускница Московского инженерно-физического института, защитившая диплом в этой же лаборатории год тому назад. (МИФИ организован в 1948 году.) МИФИ поначалу располагался на Кировской улице, напротив Главпочтамта, в бывшем здании ВХУТЕМАСа. Там же недалеко, в коммунальном доме, была и первая гостиница министерства. (Кстати, именно в это время мы с приятелем, В.М. Рыжковым, отрасли бороды. Это, по-видимому, были первые бороды у молодых людей в Москве. По крайней мере, все — в людных местах, в метро — смотрели на нас удивленно. Может быть, так проявлялось наше подражание И.В. Курчатову).

Изготовление установки задерживалось, так как много принципиальных проблем диффузионного разделения было решено или решалось уже на заводе в Верх-Нейвинске (Свердловск — 44) на Урале. Поэтому я занялся самообразованием, довольно основательно проштудировав книгу «Механика сплошных сред» из многотомного курса теоретической физики Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица. Знакомиться с другими работами лаборатории, мягко сказать, не приветствовалось. Так, например, я плохо знал темы дипломных работ моих друзей-дипломников. Не принято было не только обсуждать свои работы с людьми, не имеющими к данной теме непосредственного отношения, но и посещать соседние комнаты.

Был в лаборатории и мини-завод, состоящий из нескольких десятков машин ОК-6, составляющих модель каскада, доступ на который был строго ограничен и охранялся отдельным часовым. На этот завод я попал в 1955 году, когда там уже стояли центрифуги. Наконец, в январе 1951 года установка была изготовлена, и мы приступили к опытам. Экспериментальные исследования, как это часто бывает, велись совсем по другому направлению. Дело в том, что газ, проходящий пористую стенку, около ее поверхности обедняется легким изотопом (уран), что снижает эффективность разделения. Необходимо организовать интенсивное перемешивание газа внутри цилиндрической трубки. Естественная турбулентность для этого недостаточна. Было предложено улучшить газовое перемешивание, помещая внутри трубки проволочную спираль по всей длине трубки диамет-

ром, равным внутреннему диаметру разделительной трубки. Следовало экспериментально найти оптимальные размеры этой спирали, т.е. диаметр проволоки, из которой сделана спираль, и шаг спирали. С одной стороны, она не должна представлять собой большое гидравлическое сопротивление продольному вдоль трубки потоку газа, а с другой стороны, должна обеспечить интенсивное перемешивание, что повысит концентрацию легкого изотопа в газе, прошедшем пористую стенку разделительной трубки, т.е. увеличит эффект разделения. Опыты проходили на модельном газе — гексафториде серы, что облегчало анализ, так как один из изотопов серы был бета-активным. Работали много, не считаясь со временем и праздниками. Да и отвлекаться нам было не на что (семьи находились в Свердловске), разве что в воскресенье вечером иногда играли в преферанс.

Несмотря на то, что работали с газообразной радиоактивной серой, никаких особых мер по безопасности не принималось. Вся безопасность гарантировалась кружкой молока и хорошим бесплатным обедом. Иван Яковлевич и Капитолина Сергеевна помогали мне обрабатывать экспериментальные результаты и оформлять диплом. 16 мая 1951 года в кабинете у И.К. Кикоина состоялась защита дипломных работ. Кстати, с тех пор на физтехе дипломные исследовательские работы вытеснили дипломные проекты, которые были обязательны на всех факультетах УПИ. В Государственной экзаменационной комиссии присутствовали И.К. Кикоин — председатель, члены: Л.А. Арцимович, Н.А. Доллежалъ, С.Л. Соболев, М.Д. Миллионщиков, В.С. Обухов, Я.М. Смородинский и др. От факультета представлял профессор Е.И. Крылов, исполняющий в то время обязанности декана физтеха. Я защитил диплом на «отлично», а вечером в загородном деревянном одноэтажном ресторане, на остановке трамвая Покровская — Стрешнево, мы отмечали успешную защиту и окончание обучения на физтехе. ГЭК рекомендовал Е.И. Крылову выдать мне диплом с отличием, несмотря на то, что у меня за первый курс была одна тройка по химии. Химию нам преподавали очень плохо, и я до сих пор ее недолюбиваю. Поскольку Евгений Иванович был профессором химии, то он принял у меня передачу химии на «хорошо» и выдал диплом с отличием. На другой день мы должны были явиться для распределения на работу в какое-то учреждение. Прежде всего нужно было пройти медицинскую комиссию. После всех процедур нас троих (Г.В. Соловьева, В.М. Рыжкова и меня) направили на кафедру физтеха УПИ, а остальных — на диффузионный завод в Свердловск-44 (Верх-Нейвинск). Дипломники из УФАНа были направлены в Свердловск-45 (Нижняя Тура) на электромагнитное разделение изотопов, одного выпускника направили в г. Электросталь — на завод по производству пористых перегородок (Н.А. Плотников).

Отдохнув после окончания института положенный месяц, мы оформились на вновь организованную кафедру № 23, которой поручалась подготовка инженеров-физиков для диффузионного разделения изотопов. С 1 июля 1951 года я был зачислен заведующим лабораторией, а фронтовики В.М. Рыжков и Г.В. Соловьев — ассистентами кафедры. Дело наше осложнилось тем, что единственный штатный сотрудник кафедры, ее первый штатный заведующий С.Ф. Крылов в июне этого года трагически погиб — утонул в озере Шарташ. Таким образом, нам, трем выпускникам, нужно было с 1 сентября начать учебные занятия по специальности. Раньше всего необходимо было решить, что читать студентам. Вопрос о том, сколько чи-

тать, не стоял, так как наши познания были самыми минимальными, а какой-либо литературы просто не существовало. Решили так: Г.В. Соловьев будет готовить и читать спецкурс № 1 (разделение изотопов), Рыжков — спецкурс № 2 (компрессоры и оборудование), я же займусь организацией лаборатории и буду готовить небольшой курс по технике безопасности при работе с радиоактивными веществами и физическим свойствам урана, прежде всего — шестифтористого урана.

Под кафедру и лабораторию декан факультета Е.И. Крылов дал ту самую комнату на два окна (И-210), в которой мы занимались, будучи студентами. Мне нужно было создать лабораторию, т.е. прежде всего начать поиски приборов, оборудования, материалов. Декан выделил мне один форвакуумный насос и трубчатую печь. Это все, что у него было. Химикам УПИ (В.Д. Золотовин, А.В. Лундин) еще раньше были поручены работы по изучению коррозионных свойств материалов в атмосфере гексафторида урана. Им выделялся вакуумный компрессор ОК-7, который и гонял газ в лабораторной установке. Вскоре этот компрессор освободился, и мы перенесли его к себе в лабораторию. Затем я снова засел за чертежи лабораторной установки для изучения сопротивления трубок с пористыми стенками. Из соображений секретности настоящие пористые трубки нам никто не собирался давать, и поэтому мы делали их из бумаги, что для изучения гидравлики было вполне подходящим. В мастерских УПИ заказали вакуумные краны, стеклянные манометры и другие вакуумные детали общего пользования. На двести граммов спирта я выменял в мастерских старые слесарные тиски, приняли «в штат» мастера М.Т. Коновалова, и работа началась. В нашей комнате до 10—11 часов вечера занимались я, Г.В. Соловьев, В.М. Рыжков, так как в связи с секретностью нельзя было заниматься дома. Тут же гремел жестящик, гудел компрессор, толпились студенты...

Важной работой стало составление первых учебных планов для «нормальных» студентов, которые поступили на первый курс. Что должны знать инженеры-физики по специальности «разделение изотопов»? Должны ли они знать сопромат, детали машин, теоретические основы электротехники, теплотехники? А если должны, то в каком объеме?

Решение открывать физтеху при политехнических институтах (Свердловск, Томск, Ленинград), по-видимому, было вполне оправданным, так как в них существуют все инженерные кафедры, имеющие большой опыт обучения студентов инженерным специальностям. Непростым делом стало согласование программ курсов. Кафедры, как правило, не хотели изменять число часов, сокращать разделы, вводить новые главы. Приходишь на энергофак, на кафедру теоретических основ электротехники (ТОЭ), к заведующему кафедрой профессору А.А. Янко-Триницкому и говоришь, что физико-техническому факультету нужен курс ТОЭ, но хорошо бы в нем сократить разделы «Линии электропередач», «Переходные процессы в них» и расширить раздел «Электропривод». Профессор изумляется: как можно сократить курс по линиям электропередач? А «Электропривод» на энергофаке не только отдельный курс, но и отдельная специальность. Или на кафедре электроизмерений просишь (зав. кафедрой А.П. Безукладникова) для физтеха ввести и расширить разделы о получении и измерении вакуума, чего совсем нет в стандартном курсе на энергофаке. Но это же дополнительная работа лектора! Или на кафедре деталей машин (проф.

Б.В. Струнникова) просишь заменить проект коробки передач на курсовое задание, что несколько проще, но на кафедре уже все давно разработано и никто не хочет ничего менять. Особенно трудно было уговорить кафедру математики ввести в общий курс небольшую главу «Вариационное исчисление» и некоторые дополнительные разделы. Приходилось этими вопросами учебного плана и программами курсов заниматься мне, так как Г.В. Соловьев и В.М. Рыжков работали в очень тяжелом режиме, когда, прочитав лекцию, не знаешь, что будешь рассказывать студентам завтра. Однако с помощью учебной части института и ректора постепенно складывался учебный план, который ежегодно, по мере того как мы побывали на практике и пообщались с руководством завода, а также со своими выпускниками, работающими непосредственно в цехах, корректировался. Надо сказать, что, хотя мы во время дипломирования год провели в стенах ИАЭ, никаких систематизированных сведений о проблеме разделения изотопов в целом у нас не было. Поэтому главный спецкурс № 1 пришлось нам создавать по имеющейся скудной литературе. Это — отчет Г.Д. Смита о создании американской атомной бомбы, книга Джонса и Ферми о термодиффузионном разделении изотопов, статья Мартина и Куна о противоточной центрифуге, только что появившаяся книга К. Коэна о разделении изотопов урана в промышленных масштабах, а также книга Д. Жаца и Е. Рабиновича о химии и физических свойствах урана и его соединений.

Прежде чем освоить материал, его нужно было перевести на русский язык, отпечатать в 5 экземплярах, вписать в текст все формулы. После этого его можно рекомендовать студентам для самостоятельного изучения как учебное пособие. Мы втроем активно занимались переводами и для этой цели широко привлекали студентов. Книга К. Коэна так и не была своевременно (через центральные издательства) переведена на русский язык, и только у нас был отредактированный и отпечатанный на русском языке перевод этого труда в 5 экземплярах. Также была переведена и отпечатана на русском языке важная статья о противоточной центрифуге Мартина и Куна. Впоследствии эта статья сыграла важную роль в развитии центробежного метода разделения изотопов урана, хотя во всех имеющихся у меня обзорах я не встретил ни одной ссылки на нее.

Много статей переводили и студенты. Нам в этом очень помогала кафедра иностранных языков. К. Коэна я редактировал вместе с преподавателем английского языка А.С. Коркией. Поскольку наш жизненный путь, путь преподавателя вуза, вполне определился, то необходимо было пополнять свои знания, расширять эрудицию. Это коснулось прежде всего математики. Так, мы самостоятельно изучали такие разделы математики, как вариационное исчисление, функции комплексных переменных, операционный метод решения дифференциальных уравнений, разделы математики, посвященные уравнениям диффузии и теплопроводности.

Первые студенты физтеха, отобранные из наиболее успевающих, были очень активны и любознательны. И вообще, это было время большого внимания всего общества к физике, к ее невероятным достижениям, особенно в области атомной энергии. Студенты задавали нам множество вопросов, на которые у нас не было ответов. Поневоле складывалось содружество, когда наши знания добывались вместе со студентами. Сначала это была реферативная работа по иностранной литературе. Рефераты обсуждались в кругу студентов, интересующихся той или иной проблемой, затем наи-



более способные студенты стали пытаться что-то сделать самостоятельно. Я помню студента А.А. Кокина (впоследствии это профессор МФТИ, доктор физико-математических наук), который впервые обратил наше внимание на возможность разделения изотопов в ударной волне в газе и даже провел необходимый теоретический расчет. К сожалению, эту работу нельзя было опубликовать из-за режима секретности. Имеется много других ярких примеров, связанных с осмыслением зарубежной литературы.

Так, не только мы, обучающие студентов, но и студенты — нас, преподавателей, стали все более и более вовлекать в научно-исследовательскую работу по специальности. В дальнейшем, по мере приобретения нами знаний и опыта, самостоятельная научная работа студентов стала важнейшим педагогическим принципом на физтехе: она неуклонно вводилась во все учебные планы и расписание занятий. Так, на старших курсах студентам выделялось 1 - 2 дня в неделю — на научную работу. Кроме того, дипломной работой выпускника стал не проект, как это было в УПИ, а самостоятельная научно-исследовательская работа, которую он выполнял во время преддипломной практики и дипломирования в течение 8 месяцев. Как показал весь наш последующий опыт, эта форма интенсивно активизирует обучение и воспитывает у студента самое главное качество — умение самостоятельно учиться, добывать знания. Выпускник физтеха всегда готов освоить то, что он не получил во время обучения в вузе, готов расширить свой кругозор и свои знания в любой области человеческой деятельности. Впоследствии эту педагогическую мысль осознано Министерство высшего образования, и многие вузы ввели самостоятельную научно-исследовательскую работу студентов в учебные и рабочие планы.

Вместе с тем развитию учебных и научно-исследовательских экспериментальных работ мешало отсутствие помещений, лабораторной базы, приборов, материалов и др. Но постепенно начало приобретаться и оборудование. Так появились первые радиоактивные вещества, первые счетчики ионизирующих излучений и пересчетные устройства. Используя эту технику, я вместе со студентами заинтересовался любопытным диффузионным явлением — кольцами Лизеганга. Правда, работу эту мне пришлось прервать в связи с поступлением в аспирантуру. В конце 1951 года стало немного легче работать, так как на кафедру в качестве ее заведующего был направлен доцент теплотехнического факультета УПИ Г.Т. Щеголев, который и заведовал кафедрой до 1962 года. Тем не менее, конечно, возникал вопрос о дальнейшем повышении нашей квалификации.

В ноябре 1952 года мы все были приняты в аспирантуру при отделе приборов теплового контроля (руководитель — И.К. Кикоин) ЛИП АН СССР (Москва). Однако учиться в аспирантуре с отрывом от производства и выехать на учебу в Москву смог только я. Г.В. Соловьев и В.М. Рыжков считались заочными аспирантами, но, будучи очень загруженными преподавательской работой, не смогли установить деловых контактов с Москвой, и их аспирантура закончилась ничем. В конце ноября 1952 года я приехал в Москву и явился к И.К. Кикоину для получения темы диссертационной работы и утверждения непосредственного руководителя. Исаак Константинович направил меня к кандидату физико-математических наук Евгению Михайловичу Каменеву, с которым я прежде не был знаком. В лаборатории он ранее возглавлял приборный отдел, разрабатывавший емкостные датчики для измерения расхода газа и давления для лабораторий и

диффузионных заводов. В аспирантуре он учился у академика Л.И. Мандельштама. Лаборатория И.К. Кикоина в это время находилась в переходном режиме. Проблема диффузионного разделения изотопов урана в научном плане была решена, а околонаучные производственные и полупроизводственные вопросы под его научным руководством успешно решала заводская лаборатория при диффузионном заводе в Верх-Нейвинске. Так что перед лабораторией встал вопрос, что делать дальше? Серьезно поговаривали о разработке атомного двигателя для самолета, а также центробежном разделении изотопов и других близких к проблеме разделения изотопов проблемах.

В итоге победил центробежный метод разделения изотопов, так как появилась идея организации каскада машин не только внутри противоточных центрифуг, но прежде всего вне их — по уже отработанному в диффузионном производстве методу.

После окончания войны несколько немецких ученых были вывезены в Советский Союз и стали работать над проблемой центробежного разделения изотопов (в физико-техническом институте Сухуми). Один из них, Циппе, опираясь на идеи Мартина и Куна (1941), решил построить центрифугу, ротор которой разделялся перегородками на множество камер (примерно 400), в центре и на периферии которых были отверстия, по замыслу автора, обеспечивающие противоток, что в существенной мере увеличивало эффект разделения. П.П. Халилеев утверждает, что Циппе изготовил ее на Урале, в УФАНе, но мне кажется, это было в Сухуми. После того как мы начали заниматься центрифугами, к нам привезли центрифугу Циппе, и она долго валялась в коридоре. Для интереса я полностью ее разобрал. Она представляла собой центрифугу с горизонтальной осью на подшипниках с диаметром ротора около 30 см и длиной около 100 см. Внутри роторное пространство было, как я уже говорил, разделено перегородками. Однако, по-видимому, циркуляция газа внутри камер не следовала теоретическим представлениям, и машина крутилась, но не давала эффекта разделения. Подшипники сильно ограничивали скорость вращения, а энергетические затраты были значительными.

Другой немецкий ученый, работавший в Сухуми, — К.Стеенбек — разрабатывал в какой-то мере противоположную идею. Он решил создать очень длинную центрифугу (около 300 см), поскольку ее разделительная способность пропорциональна длине. Ротор центрифуги представлял собой полтора десятка отрезков тонкостенной трубы, соединенных гибкими сифонами. Центрифуга поддерживалась в вертикальном положении магнитом в ее верхней части, а низ ротора опирался на гибкую иглу, вращающуюся вместе с ротором в неподвижном подшипнике, погруженном в масло и связанным с демпфером, гасящим колебания ротора. В натуре я эту машину не видел, но в 1952 г. подробно познакомился с научным отчетом ее автора, Стеенбека. Основным недостатком центрифуги являлся трудный запуск, так как при переходе через последовательную серию критических оборотов ее нужно было поддерживать системой роликов, возвращающих ротор к оси вращения. Да и после достижения рабочих оборотов случайные возмущения легко выводили ее из устойчивого вращения. Главной счастливой находкой Стеенбека стала гибкая игла. Трудно было априори надеяться на длительную работу такого подшипника, тем более если вспомнить, что именно таким образом сверлят алмазы. Но факт оставался фак-

том, игла работала. Это позволило надеяться на то, что можно значительно снизить расход энергии на трение, а значит, увеличить экономичность центрифуги. Эти работы, а также успехи газодиффузионного метода естественно наталкивали на мысль, что не следует делать каких-либо экзотических устройств, а нужно построить центрифугу с коротким жестким ротором, с резонансной частотой, меньшей критических оборотов ротора, а основное каскадирование центрифуг, по принципу газодиффузионного завода, осуществить вне их роторов. И если расходы энергии на единичную разделительную работу окажутся меньшими, чем для газовой диффузии, то исследовательская работа будет иметь смысл.

Максимально возможную разделительную способность можно было рассчитать по формуле П. Дирака (Нобелевского лауреата, одного из создателей квантовой механики), приведенной в работе К. Козна (1951). Ориентировочные расчеты и прикидочные эксперименты показали, что энергия, затраченная на единицу разделительной работы в центрифуге, будет примерно в 5 раз меньше, чем в диффузионных машинах. Обоснование было сделано, и началась прежде всего экспериментальная работа. Надо сказать, что одновременно аналогичные опыты велись в одном ОКБ Кировского завода Ленинграда. Мы обменивались редкими отчетами, однако взаимодействие наше было слабым. Хотя, наверное, Е.М. Каменев, мой руководитель, был более осведомлен о ходе ленинградских экспериментов, чем я. Когда я пришел в лабораторию (в ту самую комнату на первом этаже, в которой выполнял дипломную работу), то в ней собирали первый стенд для испытания центрифуг, который нам с Б.С. Чистовым и поручили сделать. Борис Сергеевич Чистов — кандидат наук, ленинградец, блокадник, участник ленинградского ополчения, был удивительно скромным и интеллигентным человеком, и за все время нашей совместной работы у нас никогда не возникало каких-либо споров или размолвок. Первая центрифуга представляла собой полый ротор с толщиной стенки около 1 мм, диаметром 100 мм и длиной 500 мм. Ротор находился в кожухе, обеспечивающем вакуум и безопасность при разрыве ротора. Мотор — асинхронный двигатель — располагался в середине (по высоте) ротора. Статор мотора от ротора центрифуги отделялся плексиглазовым цилиндром с резиновым уплотнением. Ротор и его верхняя и нижняя крышки были выточены из алюминиевого сплава. Верх ротора через стальную насадку на верхней крышке поддерживался постоянным магнитом, движущимся в масляном демпфере. Низ ротора опирался на иглу длиной около 30 мм и диаметром около 1 мм, которая в свою очередь опиралась на подпятник, плавающий в масляном демпфере. Удивительно, что без каких-либо расчетов, чисто интуитивно, размеры ротора были выбраны такими, чтобы при заданном материале и максимальной окружной скорости вращения обеспечивалась его собственная частота поперечных колебаний, которая была меньше критических оборотов ротора (подкритическая центрифуга). Теперь очевидно, что курс на создание именно подкритической центрифуги был правильным.

Первая машина проработала не более 10 минут, и ротор лопнул с оглушительным грохотом. После этого были собраны еще несколько аналогичных роторов, и они также выходили из строя, не проработав и нескольких десятков минут. Техника слежения за работой центрифуги была очень простой. Емкостным датчиком измерялись обороты ротора, по риске в прозрачном окошечке в верхней части центрифуги фиксировалось сокраще-

ние ее продольных размеров за счет растяжения оболочки центробежными силами. Основным прибором являлся «стетоскоп» с длинной металлической трубкой, которая, будучи упертой в кожу в районе подпятника, позволяла прослушивать работу пары «игла — подпятник». Иногда разрушению ротора предшествовал возникающий скрип в подпятнике, но иногда подпятник работал бесшумно, а ротор все же разрушался.

Начались поиски причин разрушения ротора. Прежде всего попросили завод, изготавливающий алюминиевый сплав для ротора, улучшить контроль за качеством материала и стабильностью его свойств от плавки к плавке. Далее усилили контроль за его изготовлением (токарной обработкой) в своем цехе. Создали емкостный прибор для измерения разностенности оболочки ротора. Усилили масляные демпферы, как наверху, для постоянного магнита, так и внизу, для опоры подпятника. Стали изменять длину и диаметр иглы, усилили контроль за гладкостью лунки подпятника, заказали в специальное НИИ новое масло для пары «игла — подпятник». Конструкция испытательного стенда также постепенно изменялась. Началась разработка торцевого привода. Первоначальный привод, установленный в середине ротора, имел низкий коэффициент полезного действия из-за большого воздушного зазора между статором мотора и ротором центрифуги. Кроме того, при каждой аварии он полностью выходил из строя и его надо было менять. Торцевой привод представлял собой металлический ферромагнитный диск толщиной около 1 мм и радиусом, равным радиусу ротора центрифуги. Этот диск крепился на нижней крышке и через воздушный зазор размером тоже около 1 мм связывался с торцевым статором электромотора. При такой конструкции привода воздушный зазор можно было уменьшить, а при аварии статор мотора оставался цел. Контролировались все посадки составных частей ротора — ферромагнитного металлического стакана в верхней части ротора для связи ротора с магнитом, верхней и нижней крышек, держателя иглы. В лабораторию часто заходил И.К. Кикоин, хотя в начале работы он относился к ней скептически. Действительно, диффузионные заводы работали, выдавали необходимый продукт. Чего еще? Какие центрифуги? Зачем?

Однажды, когда И.К. Кикоин был в нашей комнате и мы что-то обсуждали, лаборант, напуская в машину сухой азот через большой стеклянный ртутный манометр (последний применялся для контроля давления), резко открыл вентиль (150 атм) и ртуть (примерно 1,5 кг) выбросило с большой силой в потолок, она в виде мельчайших капелек разлетелась по комнате. И.К. Кикоин сказал: «Собрать!» — и вышел. Три дня мы ползали по полу, собирали ртуть, посыпали пол химикатами. Но впоследствии, спустя несколько недель, на алюминиевых шкалах и указателях (+, -) приборов неожиданно, прямо на глазах, начали вырастать древовидные наросты. Однако без паники все спокойно работали в этой комнате еще не менее 2 лет, вплоть до капитального планового ремонта. Мне кажется, что патологическая боязнь ртути сегодня сильно преувеличена. Конечно, разлитую ртуть нужно как можно тщательнее собрать, но делать капитальный ремонт школы из-за разбитого термометра — это уж слишком.

Длительность работы ротора постепенно возрастала. Когда машина проработала около часа, к нам с Б.С. Чистовым, в нашу двухоконную комнату, приходил Игорь Васильевич Курчатов. Пришел как-то один, без свиты и охранников. Поинтересовался, как у нас идут дела. Мы предложили ему

тот же «стетоскоп», чтобы послушать машину и заглянуть в верхнее окошечко, из которого виден торец вращающегося ротора. Поскольку никаких других признаков быстрого вращения ротора не было, то он пошутил, что мы его, наверно, обманываем. Однако картина на осциллографе, контролирующем обороты ротора, кажется, все-таки его убедила. Правда, через десять минут после его ухода машина все-таки лопнула. И тем не менее, по мере того как контроль за технологией изготовления всех деталей центрифуги усиливался, срок ее непрерывной работы постепенно увеличивался. Для более детального исследования устойчивости работы ротора центрифуги мы решили сконструировать специальный испытательный стенд. Этот стенд я снова проектировал и чертил в комнате на втором этаже, у В.С. Обухова. В новом испытательном стенде было запроектировано достаточное количество окон и вводов, позволяющих наблюдать за любой деталью ротора и визуально, и при помощи приборов. По мере увеличения срока службы ротора исследования расширялись. В той же комнате было поставлено еще две машины. На одной из них работал дипломник МИФИ О.П. Руссков, он исследовал эффективность работы молекулярного уплотнения. Молекулярное уплотнение — это полый цилиндр с внешним диаметром, равным диаметру кожуха, и длиной около 10 см. Внутренняя поверхность этого цилиндра-кольца представляет собой спиральные канавки, по которым вращающийся ротор «выкручивает» газ из пространства, в котором вращается ротор. Это создает необходимый вакуум и уменьшает потери на трение, а значит, повышает КПД центрифуги и запирает тяжелый шестифтористый уран внутри ротора центрифуги. В задачу О.П. Русскова входило подобрать число, размер, глубину канавок, а также их шаг и количество заходов.

На другой машине начались исследования гидравлики на модельном газе (шестифтористый уран). Исследовались различные формы отборников газа из центрифуги. Определялись давление и расход газа, который они обеспечивали. Исследовались также размеры камер, прикрывающих отборники, и количество отверстий в них. Эта работа впоследствии была передана А.Г. Плоткиной, которая занималась ею вместе со своими сотрудниками вплоть до передачи этой темы в заводскую лабораторию в Верх-Нейвинске.

Дальнейшее изучение механики ротора и его устойчивости вместе с новым стендом было перенесено в комнату на первом этаже, расположенную как раз под кабинетом А.К. Кикоина. Исследовались частоты собственных колебаний ротора и прежде всего его изгибных колебаний, так как в подкритической центрифуге число оборотов ротора в секунду должно быть меньше первой собственной частоты изгибных колебаний. Собственные частоты возбуждались мощным звуковым репродуктором. Ротор «озвучивался» с большой интенсивностью, а амплитуды определялись или емкостным устройством, или пьезодатчиком. Для этих целей я использовал один из первых образцов двухлучевого электронного осциллографа английской фирмы *Хьюлетт-Паккард* (лаборатория хорошо снабжалась современными приборами и оборудованием, в том числе и импортным).

Поскольку днем мощный репродуктор своим завыванием мешал соседям, то эти опыты в основном проводились вечером, когда основная масса сотрудников расходилась по домам. Надо сказать, что, несмотря на усиленный режим секретности в лаборатории, любой сотрудник мог задер-

живаться здесь допоздна, сдав секретные материалы в спецчасть. В частности, начальник ОПТК И.К. Кикоин вместе со своей охраной работали до 9 - 10 часов вечера. Мой ревущий репродуктор часто, по-видимому, мешал ему, он спускался ко мне в комнату, и мы обсуждали возникающие проблемы. На стенде было наглядно видно, как изгибался ротор при подходе к критическим оборотам и, если он в это время задевал за самую близкую неподвижную часть корпуса — молекулярное уплотнение, лопался с оглушительным грохотом. Поскольку максимальная разделительная работа фактически пропорциональна ее длине и четвертой (!) степени окружной скорости вращения, то необходимо было достигнуть наибольшей окружной скорости, которую может выдержать материал ротора. Однако при этой максимальной окружной скорости частота вращения не должна быть больше первой собственной частоты поперечных колебаний ротора. Выполнение этих условий и определит размеры ротора — отношение его длины к диаметру. На стенде исследовалось влияние на собственную частоту ротора — крышек ротора, верхнего ферромагнитного стакана, нижнего ферромагнитного диска, являющегося ротором торцевого мотора.

Исследовалось также влияние подъемной силы магнита и размеров иглы на характер возникающих колебаний. Наблюдался периодический характер движения масла около вращающейся иглы. Мною обнаружены колебания цилиндра как целого при повышении давления в кожухе центрифуги, снята экспериментальная кривая гидродинамической устойчивости ротора центрифуги  $n_{кр} = f(p)$ , которая в дальнейшем получила свое объяснение в теоретической работе М.Д. Миллионщикова и его сотрудников. Я, наверное, сумел бы и сам объяснить это явление теоретически, если бы познакомился с работой П.Л. Капицы, посвященной устойчивости ротора турбодетандера. Однако я этой работы не видел и увлекся очень сложными уравнениями, которые, конечно, решить не мог. А Михаил Дмитриевич с сотрудниками воспользовались этой работой и создали адекватную теорию. Этот раздел работы был весьма важным, так как предупреждал конструкторов каскадов центрифуг об опасности повышения давления в кожухе центрифуги, что при аварии с одной центрифугой может выводить из строя соседние, т.е. авария может нарастать вдоль каскада лавиной.

За время этих испытаний я разбил около 50 машин, но с каждым месяцем центрифуга работала все надежнее, так что к середине 1955 года оказалось возможным построить каскад из 40 центрифуг и приступить к исследованию внутренней и внешней гидравлики центрифуги и каскада на реальном шестифтористом уране. Такой каскад был построен в машинном зале ОПТК и начал работать. Одновременно подобный опытный каскад начал создаваться на заводе в Верх-Нейвинске под руководством П.П. Халилеева. Перед этим П.П. Халилеев стажировался в нашей лаборатории, вникал в различные аспекты работы. Бывал у нас и главный конструктор СКБ Кировского завода Н.М. Синев.

Здесь надо сказать о той исключительной роли, которую сыграл в деле организации всей работы над центробежной проблемой мой непосредственный руководитель Евгений Михайлович Каменев. Это был человек исключительной энергии. Именно на нем лежала вся пропагандистская и организационная работа. Он устанавливал связи с заводами-изготовителями металла для роторов (Каменск-Уральский), центрифужных двигателей, магнитов, подпятников, игл, масла для демпферов и трущейся пары «игла

— подпятник». Именно он курировал связь с СКБ Кировского завода, привлекал другие предприятия для изготовления центрифуг. В течение целого дня он был неутомимым, успевая делать множество дел. Его нетерпение в работе было так велико, что И.К. Кикоин запретил начальнику механических мастерских принимать поправки к уже сданным и принятым чертежам центрифуги или какого-либо ее узла. Каждое новое утро его осеняла новая идея, и он стремился ее тотчас воплотить в металле. Окружающие шутили, что его можно было бы назвать «мистер срочно, срочно, тысячу штук». Не один раз праздники (1 мая, 7 — 8 ноября) мы полный день работали в лаборатории, а Евгений Михайлович приносил нам еду и немного вина.

Надо сказать, что в первоначальный период работы над центрифугой в коллективе лаборатории, начиная с научных сотрудников и кончая лаборантами, царила изрядная доля скепсиса. Слыша почти ежедневные разрывы роторов, люди сомневались в практической осуществимости центробежного метода. В начальный период даже И.К. Кикоин не верил в осуществимость промышленного центробежного производства, содержащего сотни тысяч машин. Поэтому на первых оперативках у него чаще всего обсуждались не текущие вопросы, а меры по поддержанию ротора в кожухе машины. Однажды в присутствии Евгения Михайловича в лаборатории сорвало отогреваемую ловушку с шестифтористым ураном. На пол высыпались желто-зеленые кристаллы продукта. Мы все оторопели! Над кристаллами вился легкий дымок. Недолго думая, Евгений Михайлович голыми руками схватил кристаллы и сыпал их обратно в ловушку, после чего помыл руки и продолжал беседу, как ни в чем не бывало. К счастью, Евгений Михайлович отстоял самую плодотворную идею центрифуги — иглу в подпятнике, и в дальнейшем именно эта идея дорабатывалась до необходимого совершенства. В то время считалось, что для того чтобы центробежный завод был конкурентоспособным с диффузионным, необходимо, чтобы центрифуги без аварий непрерывно работали 3 года.

15 ноября 1955 г. заканчивался срок моей аспирантуры. К этому времени, как я уже говорил, в машинном зале лаборатории был смонтирован каскад из 40 центрифуг и начались его гидравлические испытания на реальном газе. Евгений Михайлович уже устанавливал связи с заводами — будущими изготовителями центрифуг. Так, первоначально предполагалось изготовить их на уральском заводе № 333. Впоследствии заказ был передан на другие заводы. Обсуждался и вопрос транспортировки готовых центрифуг с завода-изготовителя в цеха завода центробежного разделения. Понимая, что с 15 ноября мне прекратят платить стипендию, я ознакомился с образцами диссертаций и рефератов в библиотеке лаборатории, за 1,5—2 месяца написал и отпечатал диссертацию и автореферат. В это же время загорелся написать докторскую диссертацию и Евгений Михайлович и даже начал собирать материалы. Я взялся помочь ему изготовить рисунки, чертежи, графики. Но вскоре он увлекся другой работой (обнаружение ядерных взрывов) и о диссертации забыл. Через некоторое время после этой научной эпохи он тяжело заболел, но, несмотря на болезнь, постоянно убегал из больницы и появлялся в лаборатории. Пришлось И.К. Кикоину обязать охрану изъять у него пропуск на территорию лаборатории. Вскоре он совсем слег. Как-то, приехав из Свердловска в Москву, я посетил его в больнице. Он был еще энергичен, и главный вопрос, который его интере-

совал, — вопрос о мелиорации сельскохозяйственных полей. По этому поводу он даже написал и послал записку в ЦК КПСС Н.С. Хрущеву. Вскоре его не стало. В моей памяти он остался преданным делу, бескорыстным патриотом своей страны.

В 1956 году к работе по промышленному освоению центрифуг подключилась заводская лаборатория диффузионного завода в Верх-Нейвинске. В течение нескольких лет ученые заводской лаборатории и инженерных каскадов и приступили к созданию полномасштабного центробежного завода с хорошим экономическим эффектом, вполне заменяющим прежний диффузионный завод. В течение нескольких лет ученые и инженеры завода проделали громадную работу по промышленному освоению центробежного производства и добились выдающихся успехов. Стеенбек и Циппе в 1956 году возвратились в Германию и взяли патент № 10715997 с приоритетом 11.11.57 на конструкцию центрифуги, почти полностью описывающий конструкцию центрифуги, разработанной нами в 1952—1955 годах. Прошло уже несколько десятков лет после публикации о центрифуге Стеенбека и Циппе, однако до 1977 года в ряде развитых стран (ФРГ, Великобритания, Нидерланды, США, Япония) были созданы лишь опытные установки, а к 1982 году сооружены только первые очереди промышленных заводов малой производительности. Это свидетельствует о том, что нашим ученым и инженерам пришлось преодолеть немало трудностей при создании высокоэкономичного центробежного производства в больших масштабах. Сегодня наш обогащенный уран является самым дешевым в мире, что создает ему большую конкуренцию на мировом рынке ядерного топлива. Центробежное производство обогащенного урана — это, действительно, наша высокая передовая технология, непревзойденная никем, чем мы можем гордиться.

15 февраля 1956 года в Ученом совете НИИ № 8 у Н.А. Доллежала я защитил диссертацию, приехал в Свердловск и начал работать на физтехе в должности старшего преподавателя кафедры № 23 — так было засекречено название кафедры разделения и применения изотопов. Снова нужно было создавать основной спецкурс по диффузионному разделению. Но теперь стало намного легче, так как мы начали вместе со студентами-практикантами и дипломниками посещать заводы, общаться с их научными и техническими работниками. И хотя секреты они хранили очень крепко, понемногу стало вырисовываться содержание спецкурса, он начал наполняться реальным содержанием. Кроме этого, необходимо было определить базовые курсы, читаемые сотрудниками кафедры. Такими курсами стали «Механика сплошных сред» и «Кинетическая теория газов». Если по механике имелось много хорошей литературы, то по кинетической теории на русском языке, кроме старых лекций А.К. Тимирязева, ничего не было. Иностранную литературу (С. Чепмен, К. Кеннард, А. Презент, Т. Каулинг, М. Кнудсен, Д. Джинс и др.) в виде фотокопий (на пленке шириной 36 мм) мы получали из Ленинградской библиотеки, а затем печатали на фотобумаге. Переводу ее на русский язык активно помогали студенты старших курсов. Постоянно поддерживался деловой контакт с кафедрой иностранных языков.

Зимой 1956 года был сдан в эксплуатацию 5-й учебный корпус со специальными помещениями для ускорителей, нейтронных сборок и т.д., ко-



торый строился для физтеха. В течение первых двух лет помещения кафедр факультета были загружены слабо, так как нужно было создавать учебные и исследовательские лаборатории, но не имелось достаточно средств, а значит и оборудования. Однако постепенно (часть оборудования физтеху передали наши базовые предприятия) с помощью Средмаша, нашего отраслевого министерства, помещения приобретали вид учебных и научных лабораторий. И снова в этом деле нам помогали студенты старших курсов. В качестве курсовой, а иногда и дипломной работы им предлагалось поставить учебную работу для лабораторного практикума. С помощью студентов и преподавателей учебные лаборатории быстро создавались, расширялись и совершенствовались.

Пора было подумать о научной работе. Я начал с того, что на пустом месте стал создавать свою центрифугу вместе с дипломником Н. Стариченковым. Мы изготовили машинный высокочастотный генератор на 1000 Hz для вращения ротора центрифуги, на Уралмаше выточили все детали ротора и приготовились к монтажу машины. Мы собирались исследовать внутреннюю гидравлику противоточной центрифуги. Однажды к нам нагрянула комиссия из спецотдела завода во главе с полковником А.В. Булкиным. Они упаковали все детали в ящик и увезли на завод, а мне сказали, чтобы я прекратил заниматься центрифугами, так как у нас невозможно соблюсти достаточный режим секретности. Это была правда. Я до сих пор удивляюсь, почему мне не было сделано каких-либо серьезных, хотя бы административных, внушений.

После этих событий мне следовало подумать о дальнейшем научном направлении. Я выбрал исследование процессов массопереноса в газе прежде всего потому, что это более всего соответствовало профилю специальной подготовки выпускников кафедры. Появились на кафедре и первые аспиранты (Б.А. Ивакин).

Работа над совершенствованием учебных планов постоянно продолжалась. Особенно трудно было с кафедрой математики. Одно время мы хотели организовать на физтехе свою кафедру математики, однако ректорат не пошел нам навстречу, и идея эта заглохла. Для дальнейшего совершенствования лабораторного практикума я дважды посетил МИФИ и МГУ, просиживая в их лабораториях по 10 — 12 дней. Почти все описания их лабораторных работ у нас были.

Моя забота о повышении качества лабораторного практикума несколько облегчилась после того, как на факультет пришел профессор Г.В. Скроцкий, который организовал на физтехе кафедру теоретической физики, и одновременно с лекциями по теоретической физике развил лабораторный практикум по атомной физике, что существенно дополняло и повышало уровень лабораторного практикума по общей физике.

В мае 1959 года меня назначили заместителем декана факультета. Деканом в это время работал профессор С.П. Распопин. Из замдеканской деятельности запомнилась ежегодная организация стройотрядов, осенних уборочных отрядов, воспитательная работа со студентами прикрепленных преподавателей, постоянное поддержание учебной дисциплины как студентов, так и преподавателей.

В апреле 1962 года я был освобожден от исполнения должности заместителя декана и назначен заведующим кафедрой № 23. Теперь моя ответственность за состояние всех дел на кафедре значительно повысилась. Как и прежде, много внимания я уделял совершенствованию учебных планов,

базовых курсов, спецкурсов, лабораторным практикумам, а также научно-исследовательской работе в целом и организации самостоятельной научно-исследовательской работы студентов особенно.

В это время в нашем отраслевом министерстве (Средмаш) начал намечаться избыток кадров на заводах. Необходимо было расширить профиль подготовки наших выпускников, с тем чтобы они могли найти работу не только на предприятиях Средмаша, но и в других отраслях народного хозяйства, в частности в научных учреждениях, НИИ, АН СССР и др.

Эта проблема снова заставила нас радикально пересмотреть учебные планы, после чего внутри специальности № 23 возникли специализации «теплофизика», «ядерные энергетические установки». Для чтения новых спецкурсов нужно было найти новых людей, а устоявшиеся базовые курсы снова и снова перестраивать для обеспечения новых спецкурсов.

В мае 1970 года я был назначен деканом физико-технического факультета. Как декан я поддерживал и развивал дальше ставшие традиционными направления учебной и научно-исследовательской работы. Наиболее трудным делом была борьба с отраслевым министерством, направленная против сокращения плана приема студентов на факультет. Министерство под влиянием различных хобби открывало физтеховские специальности даже в пищевых институтах, пытаясь решить проблемы перепроизводства выпускников других вузов за счет выпускников физтеха. Я помню, как мы доказывали, что не сокращать нужно прием, а увеличивать, особенно на предлагаемую нами новую специальность «переработка ядерного горючего». Тогда нам удалось сохранить необходимый контингент студентов, но организовать новую специальность не удалось. Теперь эта проблема встала перед нами во весь рост.

В октябре 1976 года я был назначен ректором Уральского государственного университета, но это уже, как говорят, другая история...