



60 лет творческой деятельности

ОАО «Радиотехнический институт имени академика А. Л. Минца» в интересах науки, промышленности и обороны страны

А. А. Васильев, главный конструктор
В. Н. Сухарев, ведущий инженер

В статье на основе документальных материалов рассказывается о создании и творческой деятельности ОАО «Радиотехнический институт имени академика А. Л. Минца» (РТИ) за период с момента его образования (13 августа 1946 г.) по настоящее время.

Впервые в рамках одной статьи рассматриваются практически все важнейшие направления проводившихся в стенах института на протяжении 60 лет научно-исследовательских, экспериментальных, опытно-конструкторских, технологических и других работ фундаментального, прикладного и специального (оборонного) назначения.

Приводится информация о созданных институтом за 60 лет своего существования уникальных радиопизических и радиотехнических объектах и комплексах (ускорителях заряженных частиц, мощных РЛС и др.), многие из которых и по сей день не имеют зарубежных аналогов и с успехом используются в ведущих исследовательских ядерных центрах нашей страны и на передовых рубежах обеспечения стратегической национальной безопасности России.

Частично приоткрывается существовавшая в СССР многие десятилетия завеса секретности о работах института по управляемому термоядерному синтезу и плазме, созданию системы «С-25» ПВО г. Москвы, космическим исследованиям, поисковым работам по исследованию возможностей создания установок высокой энергии специального назначения — прообразов радиолучевого и пучкового оружия.

Приводятся также некоторые результаты научных, научно-технических и технологических достижений РТИ в мощном радиостроительстве и радиоинформационных технологиях.

Текст сопровождается рядом оригинальных иллюстративных материалов, некоторые из которых публикуются в средствах массовой информации впервые.



Комплекс зданий РТИ
на ул. 8 Марта



Здание РАЛАН на Фрунзенской набережной

Основные вехи истории РТИ

Радиотехнический институт имени академика А. Л. Минца (РТИ) был основан 13 августа 1946 года, через год с небольшим после окончания Великой Отечественной войны. Не имеет смысла рассказывать о том, какое это было трудное для нашей страны время — об этом имеется огромное количество документальных и иных свидетельств. Советская страна, победив мировой фашизм, вставала из руин, восстанавливала разрушенные войной города и селения, заводы и фабрики, сельхозпредприятия, объекты социальной инфраструктуры, памятники истории и культуры, учебные и научные учреждения

и многое другое, что было уничтожено в ходе самой страшной в истории человечества войны.

У руководителей нашей страны в те годы было ясное представление о необходимости восстановления и комплексного развития на дальнейшую перспективу всей инфраструктуры Великого государства с благородной целью оставаться Великим Государством во всем и на все последующие времена.

Для реализации поставленных целей необходимо было, несмотря на величайшие потери национального богатства страны в годы Великой Отечественной войны 1941—1945 гг., не только восстанавливать разрушенное войной, но и создавать и раз-

вывать широким фронтом научные исследования по множеству важнейших для любой сверхдержавы направлений, таких, как, например, физика микро- и макромира, строение материи, астро- и космофизика, космические исследования, авиация, ракетная техника, радиоэлектроника, электроэнергетика, ресурсообеспечение, создание новейших образцов вооружения и военной техники, в том числе и ядерного оружия. Последнее направление у нас в стране считалось наиболее важным и имело целью скорейшую ликвидацию сложившейся монополии США на атомную бомбу и обеспечение гарантированной безопасности нашего государства.

Цена всего этого была неимоверно высокой, но во имя жизни и процветания Державы на вечные времена высшее руководство СССР изыскивало и выделяло все необходимые ресурсы для ускоренного и успешного решения стоящих перед страной задач.

Для развития в СССР фундаментальных и прикладных исследований в области ядерной физики, физики элементарных частиц и плазмы с целью скорейшего создания собственного ядерного оружия, и ликвидации отставания от США в этой сфере, при Физическом институте имени Лебедева Академии наук СССР (ФИАН), в соответствии с Постановлением Совета Министров СССР от 13.08.46 № 1764—766 была создана Лаборатория № 11 (в настоящее время это Радиотехнический институт имени академика А. Л. Минца).

Руководство лабораторией было поручено Александру Львовичу Минцу, в то время уже широко известному у нас в стране и за рубежом выдающемуся ученому-радиотехнику, признанному классиком мощного радиостроения, член-корреспонденту Академии наук СССР, инженеру-полковнику НКВД, лауреату Сталинской премии 1-й степени, награжденному также еще рядом Правительственных наград за выдающийся вклад в развитие сверхмощного радиовещания, специально радиостроения и обеспечение обороноспособности нашей страны.

Назначение в 1946 году А. Л. Минца для совершенно нового, очень сложного и ответственного дела было, безусловно, вполне оправдано.

Ведь он уже создал к тому времени в короткие сроки в весьма сложных условиях 20-х и 30-х годов и в условиях военного времени 1941—1945 гг. оригинальные и самые мощные в мире радиовещательные станции различных диапазонов волн (ДВ, СВ и КВ), завоевал авторитет создателя мощной радиотехнической аппаратуры для этих радиостанций и организатора больших коллективов исследователей и разработчиков крупных радиотехнических комплексов.

Отличился А. Л. Минц (в хорошем смысле этого слова) и в трудные годы своей жизни, когда он был ограничен в свободе, работая с 1938 по 1941 год руководителем группы в Лаборатории НКВД СССР в Москве, с 1941 по 1943 год — начальником и главным инженером строительства Куйбышевской радиостанции, находившегося также в ведении НКВД, а с 1943 по 1946 год — начальником московской Спецлаборатории НКВД.

За это время будущий руководитель РТИ А. Л. Минц приобрел огромный опыт создания в исключительно суровых условиях специальной техники для нужд обороны страны, как нельзя кстати пригодившийся ему в последующие годы творческой деятельности на посту руководителя Радиотехнического института.

Более подробно об уникальной личности первого руководителя Радиотехнического института академика Александре Львовиче Минце, 110 лет со дня рождения которого (родился он 8 января 1895 года) широко отмечалось у нас в стране в начале 2005 года, можно прочитать, например, в ряде публикаций, вышедших к знаменательному событию в истории отечественной и мировой радиотехники [12, 23, 27, 28, 37, 39].

Итак, Лаборатории № 11 при Физическом институте имени Лебедева АН СССР, руководимой А. Л. Минцем, было поручено начать исследования по вопросам разработки и создания радиотехнических систем ускорителей заряженных частиц для ядерно-физических исследований, развернувшихся широким фронтом в СССР в последние военные и первые послевоенные годы. Этим работам придавалось, в первую очередь, военно-стратегическое значение, и основной задачей было изготовление ядерного оружия. Научное руко-

водство всем комплексом работ по атомной проблеме в стране возлагалось на И. В. Курчатова [24, 25], который в марте 1943 года был назначен начальником (директором) Лаборатории № 2 АН СССР.

Для скорейшего решения Атомной Программы Советского Союза и «здало до испытания оружия научный руководитель атомной проблемы организовал работы по сооружению ускорителей для фундаментальных исследований элементарных частиц. Создал в Лаборатории № 2 радиотехнический отдел во главе с А. Л. Минцем и физический во главе с М. Г. Мещеряковым, выделив их впоследствии в самостоятельные институты: Радиотехнический АН СССР и Институт ядерных проблем в Дубне. С 1950 г. начал развивать в ЛИПАНе исследования в области управляемых термоядерных реакций, руководил исследованиями в поисках возможностей мирного использования ядерной энергии» [24], с. 43.

В соответствии с решением руководителя Атомной Программы и на основании Постановления СМ СССР от 21.04.47 г. № 1093-314 Лаборатория № 11, руководимая А. Л. Минцем, в 1947 году была передана из ФИАН СССР в Лабораторию № 2 АН СССР и ей присваивается наименование Отдел радиоаппаратуры лаборатории № 2 АН СССР.

В 1949 г. по соображениям секретности Лаборатория № 2 была переименована в Лабораторию измерительных приборов АН СССР (сокращенно ЛИПАН [24], с. 39), а отдел радиоаппаратуры получил сокращенное обозначение ОРЛИП.

В 1951 г. Постановлением СМ СССР от 03.02.51 № 307-144 ОРЛИП выделяется в самостоятельную «Радиотехническую лабораторию АН СССР» (РАЛАН), а в 1957 году на основании Постановления Президиума АН СССР от 09.08.57 № 605 Радиотехническая лаборатория АН СССР была преобразована в Радиотехнический институт АН СССР (сокращенно РАИАН, а затем РТИ).

Руководство деятельностью РАЛАН с 1951 по 1953 год осуществляло 3-е Главное управление при СМ СССР, с 1953 по 1961 год — Министерство среднего машиностроения СССР, с 1961 по 1963 год — Государственный комитет Совета Министров СССР по использованию

атомной энергии. В 1963 году Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 04.05.63 № 499-174 радиотехнический институт АН СССР был передан в Государственный комитет по радиоэлектронике (ГКРЭ) СССР, а в дальнейшем — в Министерство радиопромышленности (МРП) СССР.

В 1970 г. в МРП СССР было создано Центральное научно-производственное объединение (ЦНПО) «Вымпел», в состав которого приказом Минрадиопрома СССР от 20.01.70г. был включен Радиотехнический институт АН СССР.

В 1976 г. Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 20.08.76 № 678-233 на базе ряда подразделений РТИ, занимавшихся ускорительной тематикой, был создан Научно-исследовательский институт высокоэнергетических устройств (НИИВЭУ) ЦНПО «Вымпел» МРП СССР (с 1977 года — Московский радиотехнический институт АН СССР, а в настоящее время — Федеральный научно-производственный центр ФГУП «Московской радиотехнический институт Российской академии наук» (МРТИ РАН). Для размещения МРТИ в южной части г. Москвы на Варшавском шоссе был построен комплекс производственных зданий.

В 1985 г. Радиотехническому институту АН СССР (Постановление Совета Министров РСФСР от 23.04.85 № 167) присвоено имя академика А. Л. Минца.

За большой вклад в создание и проведение испытаний новых средств специальной (военной) техники радиотехнический институт АН СССР был награжден орденами Ленина и Трудового Красного Знамени (указы Президиума Верховного Совета СССР от 15.09.76 и от 11.02.85 соответственно).

В настоящее время Радиотехнический институт имени академика А. Л. Минца является открытым акционерным обществом (ОАО), входит в состав ОАО «Концерн «Радиотехнические и информационные системы» (Концерн «РТИ-Системы») и управляется ОАО «Акционерная Финансовая Корпорация «Система» (АФК «Система»).

ОАО «Радиотехнический институт имени академика А. Л. Минца» входит в перечень основных оборонных предприятий России в области

создания радиоэлектронных, радиолокационных станций и комплексов систем противоракетной обороны (ПРО), предупреждения о ракетном нападении (ПРН) и контроля космического пространства (ККП) ракетно-космической обороны (РКО) страны, а также телекоммуникационных систем специального и двойного назначения.

Свою научно-производственную деятельность коллектив института (вначале небольшой лаборатории численностью около 225 человек по состоянию на 1947 год) начал в стенах скромного здания на Фрунзенской набережной в Москве.

С ростом числа сотрудников лаборатории (в 1957 году ее численность составляла около 1000 человек) коллективу Минца было предложено еще одно здание («красное», как его называли сотрудники РТИ по цвету кирпичной кладки) на 4-й улице 8 Марта.

В 1958 году на основании распоряжения Совета Министров СССР от 16.08.58 № 2668-РС, подписанного Председателем Совета Министров СССР Н. С. Хрущевым, для дальнейшего развертывания особо важных для обороны страны тематических работ институту передаются здания и сооружения Всесоюзного научно-исследовательского института животноводства (ВНИИЖ) в г. Москве на улице 8 Марта и разрешается осуществить в 1958-1959 гг. строительство на территории, ранее занимаемой ВНИИЖ, лабораторно-производственных корпусов полезной площадью несколько десятков тысяч квадратных метров и вспомогательных помещений.

На последней из указанных территорий институт располагается и функционирует по настоящее время.

ТВОРЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РТИ: ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Какими же видами исследований и разработок за 60 лет своей творческой деятельности пришлось заниматься РТИ?

Для ответа на поставленный вопрос прежде всего кратко их перечислим с указанием соответствующих временных интервалов:

- ускорители заряженных частиц (1946-1976);
- управляемый термоядерный синтез (1950-1965);

РУКОВОДИТЕЛИ ИНСТИТУТА

Первым руководителем РТИ с 1946 г. по 1970 г. был академик А. Л. Минц.

С 1970 по 1977 г. г. институт возглавлял доктор технических наук, профессор Б. П. Мурин.

С 1977 г. по 1996 г. институтом руководил доктор технических наук, профессор, академик Международной Академии связи В. К. Слока.

С 1996 г. по 1999 г. во главе института стоял доктор экономических наук С. Ф. Боев.

С 1999 г. по настоящее время РТИ возглавляет доктор технических наук В. И. Шустов.

- плазменные исследования (1950-н/в);
- система ПВО Москвы С-25 «Беркут» (1950-1955);
- космические исследования (1955-1971);
- лучевое оружие (1964);
- пучковое оружие (конец 60-х);
- мощные РЛС дальнего обнаружения для систем ПРН, ККП, ПРО (1954-н/в);
- радиолокационные узлы (РЛУ) и комплексы (РЛК) (1960-н/в);
- телекоммуникационные проекты (2000-н/в);
- научные, инженерные и технологические разработки (1946-н/в);
- испытания и сдача Заказчику созданных уникальных радиофизических и радиотехнических изделий на полигонах и объектах их дислокации (1946-н/в).

При этом необходимо отметить, что многие виды исследований и разработок из числа вышеуказанных проводились в РТИ и на объектах (полигонах) одновременно и параллельно.

Рассказать подробно обо всей вышеречисленной многогранной творческой деятельности РТИ за шестидесятилетний период его существования в рамках одной журнальной статьи практически невозможно. Для этого требуется издание солидной по объему монографии.

Поэтому ограничимся кратким рассмотрением того, что было сделано институтом в отдельных вышеуказанных направлениях, уделяя при этом несколько больше внимания

тем вопросам истории РТИ, которые ранее в средствах массовой информации вообще не освещались или же освещались весьма кратко.

Изложение в необходимых случаях сопровождается ссылками на соответствующую литературу, что позволяет читателям, интересующимся более подробно теми или иными вопросами истории и деятельности РТИ, получить необходимую дополнительную информацию в указанных источниках.

Ускорители заряженных частиц. ПРОМЫШЛЕННЫЕ УСКОРИТЕЛИ

Итак, первым главным направлением творческой деятельности РТИ с момента его образования стало создание мощных ускорителей заряженных частиц для исследований в области ядерной физики. Отметим еще раз тот факт, что Радиолоборатория А. Л. Минца изначально была создана исключительно для разработки и сооружения таких установок, а также радиотехнических, электрофизических, энергетических и других систем, входящих в их состав.

Первой крупной работой коллектива под руководством А. Л. Минца было участие в создании в Дубне в 1949 г. самого крупного в мире фазотрона (синхроциклотрона) на энергию ускоренных протонов 680 МэВ, который работает по настоящее время и является крупнейшей установкой этого типа в мире. Фазотрон был построен в рекордно короткие сроки — всего за 3 года (1946-1949 гг.).

Второй выдающийся работой, в которой принимал участие коллектив в то время уже самостоятельной радиолоборатории (РАЛАН), был синхрофазотрон на энергию 10 ГэВ, что примерно в 2 раза превышало мощность соответствующего действующего американского ускорителя «Беватрон» с энергией 6 ГэВ. В других странах мира ускорительная техника подобного класса вообще отсутствовала. Впервые в мире 14 апреля 1957 г. в Институте ядерных проблем (ИЯП) в Дубне (в последующем — Объединенном институте ядерных исследований — ОИЯИ) на сооруженном синхрофазотроне был получен пучок протонов с вышеуказанной энергией.

В октябре 1961 г. был осуществлен физический пуск следующего созданного в РАИАН ускорителя — протонного синхротрона (синхрофазотрона) с жесткой фокусировкой на энергию 7 ГэВ в Москве, в Институте теоретической и экспериментальной физики (ИТЭФ).

В начале 60-х годов в институте были развернуты работы по автоматизации ускорителей на высокие энергии, которые в 1965 г. завершились созданием в стенах РТИ действующей модели с энергией пучка 1 ГэВ уникального по мощности «кибернетического ускорителя» на энергию ускоренных протонов 1000 ГэВ, предложенного А. Л. Минцем с соратниками.

Впервые коллектив института создал ускоритель своими силами от начала и до конца.

Сечение вакуумной камеры «кибернетического ускорителя» составляло всего 22x16 мм (в десятки раз меньше, чем вакуумные камеры работавших в то время ускорителей, что обеспечивало снижение веса магнитной системы в сотни раз; для сравнения — вес электромагнитной системы синхрофазотрона на энергию 10 ГэВ в Дубне составляет 36 000 тонн, а протонного синхрофазотрона на энергию 76 ГэВ в Протвино — более 100 000 тонн). Процессы инжекции, пуска, регулирования орбиты, частоты ускоряющего поля и числа бетатронных колебаний бы-



Фазотрон на энергию 680 МэВ (Дубна)

ли автоматизированы, осуществлялся функциональный контроль систем ускорителя с помощью ЭВМ.

Модель «кибернетического ускорителя» была экспериментальным полигоном для исследования автоматизированных систем, обеспечивающих процесс ускорения. На ней была показана принципиальная возможность создания ускорителя на энергию 1 000 ГэВ и более, а также высокая эффективность использования ЭВМ для ускорителей. Несмотря на серьезное отставание СССР в области вычислительной техники в те годы, приоритет РТИ АН СССР по автоматизации ускорителей официально, в публикациях, признавали зарубежными специалистами.

В октябре 1967 г. коллективом института была одержана еще одна блестящая победа на поприще создания уникальных ускорительных установок — в Институте физики высоких энергий (ИФВЭ) под Серпуховым (г. Протвино) был введен в строй крупнейший в мире по тем временам кольцевой ускоритель протонов (синхротрон) на энергию 76 ГэВ с длиной орбиты 1,5 км.



Синхрофазотрон на энергию 10 ГэВ (Дубна)



Модель «кибернетического ускорителя» на энергию 1 ГэВ (РТИ, Москва)

Наряду с участием в создании кольцевых ускорителей, институтом в 60-х годах были созданы также две крупные линейные протонные машины.

Первый советский линейный протонный ускоритель с жесткой фокусировкой «И-2» на энергию 24,6 МэВ с импульсным током 200 мА был запущен в 1966 г. как инжектор протонного синхротрона ИТЭФ.

Второй линейный ускоритель протонов «И-100» на энергию 100 МэВ и импульсный ток 100 мА на момент запуска в 1967 г. был самой крупной установкой этого типа в мире. Он был создан для работы в качестве инжектора протонного синхротрона ИФВЭ и обеспечил своевременный ввод в строй всего уникального ускорительного комплекса в Протвино.

В 1972-1976 гг. институтом был разработан сильноточный ускоритель протонов для Московской «Мезонной фабрики» (ММФ) Института ядерных исследований (ИЯИ) АН СССР на энергию 600 МэВ и средний ток 0,5 мА. Это и сегодня крупнейший в Европе и второй по величине в мире линейный ускоритель.

Работа над ускорителем «Мезонной фабрики» стимулировала создание в промышленности новых технологий и изделий, в частности, мощных генераторных ламп ГИ-27А, ГИ-54А, клистронов КИУ-40, триметаллических высокодобротных объемных радиотехнических

резонаторов с длинами десятки метров, диаметрами 0,5-1,5 м, добротностью $Q \gg 50\,000$ -70 000 на частотах метрового и дециметрового диапазонов. При таких габаритах и добротности величина возбуждаемой высокочастотной импульсной мощности в каждом объемном резонаторе составляла 5 МВт при среднем значении мощности $\sim 0,3$ МВт.

Работы коллектива института не ограничивались только протонными (кольцевыми и линейными) ускорителями. Для Института атомной энергии имени И. В. Курчатова был создан уникальный линейный ускоритель электронов (ЛУЭ) «Пламя-Факел», предназначенный для исследований по нейтронной физике и физике твердого тела, а также для решения ряда прикладных задач.

Ускоритель «Пламя-Факел» работал в режиме микросекундных и наносекундных импульсов, обеспечивая на выходе установки энергию электронного пучка 60 МэВ и силу тока до 1 А при длительности импульса 6 мкс и до 3 А при длительностях импульсов 10, 50 и 250 нс, и был сдан в эксплуатацию в 1976 г.

В институте также активно развивались прикладные работы по созданию и применению ускорителей в промышленности. Одной из первых таких работ было создание в 70-х годах промышленных ускорителей типа ЭОЛ на энергии 400-600 кэВ и ток до 100 мА, которые успешно используются промышленностью для радиационных технологий

(отверждения лакокрасочных покрытий, обеззараживания сточных вод, стерилизации медицинского инструментария и др.) [38].

Помимо развития ускорительной техники для научных исследований, промышленности и перспективных высокоэнергетических систем специального назначения в РТИ проводились также теоретические и экспериментальные работы по созданию линейного ускорителя тяжелых ионов (урана и трансураниевых элементов). С помощью таких установок возможно, в принципе, получать расщепляющиеся материалы трансураниевой группы с небольшими значениями критической массы [25], с. 560-562. Эти работы начинались в отделе линейных ускорителей РТИ, который возглавлял выдающийся радиофизик XX века Мурин Б. П., руководивший (после ухода А. Л. Минца) с 1970 по 1977 г. Радиотехническим институтом АН СССР. Решение о необходимости создания такого специального ускорителя многозарядных (тяжелых) ионов для синтеза (получения) трансураниевых было принято еще в декабре 1955 года на совещании по ускорителям заряженных частиц. Инициатором этого решения был родной брат академика Игоря Васильевича Курчатова — Борис Васильевич Курчатова, талантливый ученый-радиохимик, работавший с 1943 года вместе с братом в Лаборатории № 2 АН СССР (впоследствии в ЛИПАН, а затем в ИАЭ им. И. В. Курчатова) над проблемой выделения и изучения плутония, а затем и создания в стране процесса промышленного его извлечения. Без этих работ Б. В. Курчатова невозможно было бы создание в СССР ядерного оружия [26], с. 724.

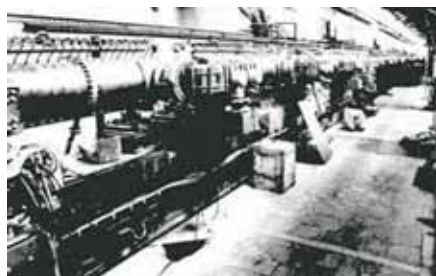
Через несколько лет после начала этих исследовательских работ лаборатория, занимавшаяся разработкой такого ускорителя, перешла



Серпуховский протонный синхротрон (синхрофазотрон) на энергию 76 ГэВ



Линейный ускоритель «И-100»
(Серпухов)



Ускоряющие резонаторы первой части
ускорителя «Мезонная фабрика».
Длина резонаторов — 100 м



Ускоряющие резонаторы второй части
ускорителя «Мезонная фабрика».
Длина резонаторов — 400 м

в другую организацию, и данная тематика в институте была закрыта.

Как известно, основой для построения ускорителей всех типов, создававшихся в РТИ, являются мощные генераторы электромагнитных колебаний. В принципе, коллектив института начинал свою деятельность именно с разработки и создания таких генераторов для ускорителей различных типов. Это были широкодиапазонные ВЧ-генераторы для кольцевых и СВЧ-генераторы для линейных электронных и протонных ускорителей.

Аналогичные мощные генераторы создавались также для установок управляемого термоядерного синтеза и радиофизических установок прикладного назначения [25].

Достигнутые результаты разработок мощных радиочастотных генераторов в РТИ являются во многих случаях уникальными и по сегодняшним меркам. Так, например, в метровом диапазоне волн единичная мощность генераторов достигала 5 МВт и более в импульсе и 0,3 МВт в среднем значении. Для решения прикладных задач разрабатывались еще более мощные генераторные устройства и установки. В качестве примера на приводится фотография натурального габаритного макета разрабатывавшегося в стенах РТИ в 70-е годы (руководитель разработки Зарубин Б. Т.) ВЧ-генератора метрового диапазона с проектной импульсной мощностью в единичном устройстве около 1 ГВт (!).

Помимо создания собственно ускорительных установок институт, начав работы по автоматизации ускорителей еще

в 60-х годах на модели «кибернетического ускорителя», активно продолжил их и затем воплотил полученные разработки в автоматизированных системах обработки экспериментальных данных, получаемых с физических установок, размещаемых на выходе ускорителя.

В 1968 году в РТИ началась разработка автоматизированных систем обработки физической информации. В ходе этих работ институт участвовал в создании прецизионных сканирующих автоматических систем «ЭЛАС», ПУОС-2, -3, -4, «Надежда», которые по своим характеристикам были на уровне лучших мировых образцов. Системы ПУОС-4 и «ЭЛАС» были полностью разработаны в институте. Для ПУОС-4 (лазерная система с механическим сканированием луча) была разработана компьютерная система управления, позволяющая получать точность позиционирования 2 мкм. Электронно-лучевая система «ЭЛАС» позволяла в автоматизированном режиме измерять фотографии треков частиц, полученных в жидководородных камерах «Мирабель» и «Скат», с точностью 5 мкм.

В 1976 году для дальнейшего развития ускорительной техники в стране



Мощный ВЧ-генератор
с выходной мощностью 5 МВт



Габаритный макет сверхмощного
ВЧ-генератора
с выходной мощностью 1 ГВт



Сильноточный электронный ускоритель «Пламя-Факел»
(ИАЭ имени Курчатова)



Промышленный ускоритель ЭОЛ

в интересах физики высоких энергий, ядерной физики, радиофизики, радиотехники, военной техники и народного хозяйства (медицины, экологии и промышленности) все работы по ускорителям заряженных частиц были переданы во вновь образованный «Научно-исследовательский институт высокоэнергетических устройств» (НИИВЭУ) (с 1977 г. — «Московский радиотехнический институт (МРТИ) АН СССР», в настоящее время МРТИ РАН).

На этом закончилась 30-летняя деятельность РТИ по разработке ускорителей заряженных частиц.

Создание почти всех вышеперечисленных ускорителей проходило в РТИ при непосредственном участии А. Л. Минца, руководившего проектированием всех радиотехнических и технологических систем, изготовлением, наладкой и вводом в эксплуатацию этих сложнейших инженерно-физических объектов, предназначенных, главным образом, для исследований микромира.

В ходе этих работ в РТИ сложился коллектив высококвалифицированных специалистов, разработавший и внедривший ряд передовых технических решений и изобретений в реализованные уникальные проекты ядерно-физических установок. Создатели этих установок по окончании их строительства и ввода в эксплуатацию отмечались высокими государственными наградами, Государственными и Ленинскими премиями. В их числе был и академик А. Л. Минц.

УПРАВЛЯЕМЫЙ ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ. ПЛАЗМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по управляемому термоядерному синтезу (УТС) начали развиваться в ЛИПАН с 1950 года по инициативе выдающегося физика современности академика И. В. Курчатова [24], с. 43.

5 мая 1951 года правительство приняло постановление, подготовленное и внесенное И. В. Курчатовым, о начале исследований в СССР по управляемому термоядерному синтезу. в число важнейших научных направлений ЛИПАН была включена термоядерная программа [24], с. 44.

В 1951 году «программа УТС» была утверждена И. В. Сталиным [24], с. 42, и работы по ней начали проводиться под эгидой Л. П. Берия в режиме строгой секретности первоначально со следующей целью:

«Берия надеялся использовать управляемый термояд в качестве средства производства НЕуправляемого термояда» [42], с. 175, т. е. для производства термоядерного оружия — водородной бомбы [25], с. 381.

К решению этой проблемы было привлечено несколько научных организаций страны и ряд известных советских физиков, в том числе и небольшой коллектив специалистов Отдела радиоаппаратуры Лаборатории измерительных приборов АН СССР (ОРЛИП), руководимого А. Л. Минцем и входившего в те годы в состав Лаборатории измерительных приборов АН СССР (ЛИПАН), возглавлявшейся И. В. Курчатовым.

Начавшиеся в привлеченных к работам научных коллективах теоретические и экспериментальные исследования в области реализации «управляемого термояда» для вышеуказанной цели в конечном итоге никаких практических результатов не принесли [42]. В 1956 году за веса секретности с этих работ начала сниматься после памятного выступления И. В. Курчатова в английском атомном центре в Харулле 26 апреля 1956 г., а в 1958 году полностью была снята секретность с наших, британских и американских термоядерных исследований, и началось широкое международное сотрудничество в этой сфере ядерных исследований в направлении соиздания и мира [24], с. 44.



Термоядерная установка «Дельта-1»

Инициатива продолжения дальнейших исследований управляемого термоядерного синтеза в СССР, в том числе и в выделившейся из Лаборатории И. В. Курчатова Радиотехнической лаборатории АН СССР принадлежала руководителю Лаборатории № 2 АН СССР академику И. В. Курчатову. Как отмечается в [24], «наибольшим увлечением его в это время была многогранная и сложнейшая работа по получению регулируемой термоядерной реакции. «Термояд», как он называл его, представлялся ему работой, которая обеспечит счастье человечества, неограниченную энергобазу» [24], с. 465.

В развитие этой цели учеными, инженерами и другими специалистами стали прорабатываться различные идеи по удержанию плазмы, в том числе и возможность изоляции и нагрева водородной плазмы при помощи высокочастотного (ВЧ) магнитного поля.

Для практического решения поставленной И. В. Курчатовым задачи в Радиотехнической лаборатории АН СССР (РАЛАН) в кооперации с Институтом атомной энергии (ИАЭ) имени И. В. Курчатова начались теоретические и экспериментальные исследования на разработанных и сооруженных сотрудниками РАЛАН экспериментальных термоядерных установках двух разных типов: «ДЕЛЬТА» (разрядная камера из кварца в виде тороида емкостью около 15 литров) и «ГЛОБУС» (разрядная камера из кварца в виде сферы емкостью около 1 литра).

На установках типа «ДЕЛЬТА» («ДЕЛЬТА-1» с ВЧ-мощностью 3 Мвт и «ДЕЛЬТА-2» с ВЧ-мощностью 50 МВт) была получена напряженность высокочастотного магнитного поля около 200 эрстед, что оказалось недостаточным для сколь-нибудь значительного отрыва (отжатия) плазмы от стенок разрядной камеры.



Естественное («аврора») и искусственные плазменные образования

В таких условиях частичное отжатие плазмы фиксировалось лишь на более мощной установке «ДЕЛЬТА-2».

На установке «ГЛОБУС» с ВЧ-мощностью 3 Мвт было получено высокочастотное магнитное поле с напряженностью около 1000 эрстед. При такой величине магнитного поля наблюдалось частичное отжатие (отрыв) водородной плазмы от стенок разрядной камеры более чем от 80 % (до 86 %) сферической поверхности камеры и стабильное поведение отжатой границы плазмы в течение достаточно длительного времени (~280 мкс) [41], с. 75, 93, 98, 100. Это достижение можно и сейчас отнести к разряду выдающихся, так как оно указывало выход из тушки, в котором оказались в то время исследования на установке «ТОКАМАК» в Институте атомной энергии имени И. В. Курчатова [37], с. 21. А впервые частичное отжатие плазмы было обнаружено в конце 1961 года.

В конце 60-х годов экспериментальные исследования по физике плазмы в РТИ АН СССР были прекращены и все дальнейшие работы в этом направлении переданы в ИАЭ им. И. В. Курчатова.

Результаты многолетних экспериментальных исследований РТИ по управляемому термоядерному синтезу нашли отражение в ряде научных трудов РТИ (см. например [41]), отчетов и публикаций в специализированных изданиях.

Необходимо отметить, что в работах по плазменной тематике принимал непосредственное участие и сам академик А. Л. Минц, о чем свидетельствуют, например, статья [33] и выданное на его имя Авторское свидетельство № 895277 СССР «Тер-

моядерный реактор Минца» [34].

С 1963 года в РТИ проводились работы по плазменной тематике в направлении прямых исследований межпланетной плазмы с помощью космических аппаратов по собственным тематическим планам, а также в развитие этих работ по планам Со-

вета по космическим исследованиям в соответствии с Протоколом совещания Председателя ГКРЭ СССР Калмыкова В. Д. и Президента Академии наук СССР Келдыша М. В. от 20 мая 1963 г. [35].

Теоретические работы по исследованию околоземной плазмы проводятся в РТИ и по сей день. Руководит данным направлением сотрудник РТИ В. А. Федоров.

Основная цель проводимых сегодня исследований околоземной плазмы — обеспечение возможности надежного обнаружения естественных и искусственных космических объектов на фоне помех, вызываемых природными и техногенными источниками плазменных образований. При этом решаются задачи по определению границ и объемов их пространственных локализаций в ионосфере Земли в случаях различных ее возмущений для прогнозирования радиолокационной видимости космических объектов на траекториях их движения.

СИСТЕМА ПВО г. МОСКВЫ «БЕРКУТ» (С-25)

После первой творческой удаче отдела радиоаппаратуры, возглавляемого Минцем, — созданию и вводу в строй в 1949 году самого крупного в мире фазотрона на энергию 680 МэВ в Дубне коллективу специалистов отдела вместе с его руководителем пришлось срочно включиться в совершенно новую для него работу — участие в создании уникальной системы противовоздушной обороны г. Москвы «Беркут» (С-25).

Инициатором создания мощной и надежной системы ПВО Москвы был И. В. Сталин, который в 1948 году поставил задачу организации не-

проницаемой для авиации противника защиты неба столицы от возможных ядерных ударов, которые в то время могли быть нанесены только бомбардировщиками США.

С этой целью в 1950 году было организовано особо секретное специальное бюро «СБ-1», переименованное затем в «КБ-1» (в настоящее время — НПО «Алмаз» имени академика А. А. Расплетина). Во главе разработки главными конструкторами были утверждены П. Н. Куксенко и сын Л. П. Берия Сергей Берия, а их заместителем — А. А. Расплетин [8,18,22].

К выполнению основных работ по системе «Беркут» было привлечено несколько организаций, в том числе и выделившаяся из лаборатории измерительных приборов АН СССР (ЛИПАН) Радиотехническая лаборатория АН СССР (РАЛАН). На РАЛАН была возложена роль главного технолога системы «Беркут», решавшего ряд основных задач по разработке мощных передающих устройств для радиолокаторов «Б 200» наведения зенитных ракет «В 300», инженерных систем, системы оповещения и целеуказания комплекса «Б 200-В 300» с необходимыми подсистемами и аппаратурой, системы управления боевыми действиями стрельбовых комплексов, системы обеспечения ракетами «В 300» стрельбовых комплексов, систем связи и ряда других системных компонентов, включавших также мощные импульсные генераторы «ГИМ-3» («генератор импульсный Минца») с источниками питания, системы дистанционного управления



Стартовая позиция зенитной ракеты



Мощный радиолокатор «Б-200»

элементами РЛС «Б 200», системы управления боевой работой стрельбового комплекса, системы дистанционной подготовки к старту ракет, автоматической проверки и пуска ракеты «В 300», источников наземного питания, коммутационной и вспомогательной аппаратуры, систем и устройств электроснабжения и электропитания от сети Мосэнерго, аппаратуры отображения воздушной обстановки на центральных командных пунктах ЦКП (рабочем и резервном) и резервном ЦКП, целый комплекс контрольно-измерительных служб и контрольно-испытательных станций [22, вып.1].

РАЛАН разрабатывал также задания на строительную часть системы «Беркут», участвовал в создании и испытании всей системы ПВО г. Москвы [8,18].

Следует особо отметить, что вопреки веками установившемуся порядку создания вооружения военные в разработке «Беркута» не являлись заказчиками. Разработка проводилась в режиме строжайшей секретности, в том числе — это трудно себе сегодня представить — и от высших руководителей Министерства обороны СССР [8,13,18].

Уникальная, не имеющая мировых аналогов система ПВО г. Москвы «С-25» со всеми ее компонентами пространственно-топологически была реализована в виде двух специально построенных вокруг столицы кольцевых бетонированных дорог («бетонки») с радиусом 50 и 100 км от центра города с общей протяженностью ~2000 км, вдоль которых и размещались все ее технические средства.

В момент принятия на боевое дежурство в 1955 году система «С-25»

была способна одновременно уничтожать до 1000 самолетов противника с пуском по каждому до трех ракет [8,13,18].

На защите неба Москвы система «С-25» прослужила около 40 лет, пройдя за это время 4 этапа модернизации и средств. В итоге ее боевая эффективность существенно возросла и позволяла

в случае одновременного звездного равномерно распределенного налета на Москву уничтожать в течение 5-6 минут тремя ракетными залпами в общей сложности свыше 10 тысяч бомбардировщиков противника, а в случае налета, сконцентрированного в полосе 100 км по фронту, — до 1800 самолетов [8].

По огневой мощи и боевым возможностям «С-25» не имела себе равных в мире. Кроме самолетов она была способна поражать и самолеты-снаряды, и крылатые ракеты [8].

За создание первой в мире многоканальной зенитной ракетной системы противовоздушной обороны Москвы — шифр «Беркут» — «С-25» главным руководителям работ (Расплетину А. А., Кисунько Г. В., Минцу А. Л., Шукину А. Н., Ветошкину С. И., Исаеву А. М.) было присвоено звание Героя Социалистического труда. Высокими государственными наградами был отмечен труд разработчиков системы, в том числе и 48 сотрудников РАЛАН.

Опыт, приобретенный РАЛАН по созданию беспрецедентной по своим масштабам, сложности и боевым возможностям системы ПВО «С-25», явился весьма полезной школой при переходе к следующему, исключительно важному для последующих десятилетий этапу творческой деятельности коллектива Радиотехнической лаборатории, а затем и радиотехнического института, — разработке и реализации проектов по созданию противоракетной обороны г. Москвы и мощнейших радиолокационных станций дальнего обнаружения в качестве информационных средств системы ракетно-космической обороны (РКО) страны.

При этом коллектив РТИ продолжал заниматься разработкой и реализацией проектов уникальных ускорителей заряженных частиц, плазменной тематикой, космическими исследованиями и перспективными научными исследованиями по широкому спектру фундаментальных и прикладных направлений.

КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Начало космических исследований в институте тесно связано с именами академиков А. Л. Минца (руководитель Радиотехнического института АН СССР), С. П. Королева, А. Н. Шукина и В. А. Котельникова. В сентябре 1959 г. по просьбе вышеуказанных академиков и на основании достигнутого соглашения между Председателем Государственного Комитета Совета Министров СССР по радиоэлектронике (ГКРЭ) В. Д. Калмыковым и президентом АН СССР академиком М. В. Келдышем в РТИ из лаборатории НИИ МРТП было переведено ядро коллектива сотрудников, который к этому времени провел свои первые исследования в ионосфере Земли и околоземном пространстве на ионосферных ракетах и Третьем спутнике Земли, разработал и изготовил передатчик для первого спутника Земли, провел измерения на трех дальних космических ракетах, запущенных в сторону Луны.



Межпланетная автоматическая станция «Венера-4»

Благодаря переводу этой лаборатории, руководимой профессором К. И. Грингаузом, в стены РТИ при имевшейся заинтересованности А. Л. Минца в проведении космических исследований и в поддержке талантливого коллектива специалистов (который в противном случае



Ракета P-5 с исследовательской аппаратурой на борту

был бы расформирован и прекратил свою деятельность) в институте была создана новая Лаборатория космических исследований под тем же руководством.

Вновь созданная лаборатория (лаборатория «К») благодаря постоянной поддержке ее деятельности А. Л. Минцем стала разрабатывать научную аппаратуру для исследований ионосферы, магнитосферы, межпланетной и околопланетной плазмы, радиофизических исследований.

Разработанная лабораторией «К» аппаратура устанавливалась на баллистических ракетах «P5 В», космических аппаратах «Вертикальный космический зонд», «Зонд-2», спутниках «Космос-2», «Интеркосмос-2», «Электрон», «Электрон-2», лунных аппаратах «Луна-1», «Луна-2», «Луна-3», «Луна-10», автоматических межпланетных станциях «Марс-1», «Венера-1», «Венера-2», «Венера-3», «Венера-4», «Венера-5», «Венера-6» и на других объектах [40].

По результатам исследований, проведенных с борта космических аппаратов, спутников и ракет, лабораторией «К» (которая, кстати, вскоре выросла до масштабов «Отдела космических исследований» (Отдел «К»), было получено большое количество научной информации, которая после ее обработки стала основой для получения принципиально новых знаний и выдачи сотрудникам РТИ двух дипломов на открытия [43, 44].

Комплекс результатов исследований ионосферной и межпланетной плазмы, полученных сотрудниками РТИ при помощи космических аппаратов, был опубликован в научных трудах Радиотехнического института в 1970 г. [40] и в ряде научных журналов. Эти статьи свидетельствовали об очень плодотворных космических исследованиях, проведенных РТИ в период с 1959 по 1970 г.

В 1970 г., перед своим уходом с поста директора Института, А. Л. Минц договорился с Президиумом АН СССР о переводе работ по космической тематике в Институт космических исследований (ИКИ) АН СССР, что и было успешно осуществлено [23].

ЛУЧЕВОЕ ОРУЖИЕ

Одной из многих сверхсекретных работ руководимого А. Л. Минцем Радиотехнического института АН СССР была исследовательская работа в области изыскания возможности создания лучевого оружия. Работы проводила группа специалистов института под руководством Авраменко Р. Ф. в рамках темы «ЛУЧ» [37]. Подготовленный по итогам работы группы соответствующий аванпроект и технические предложения были тщательнейшим образом рассмотрены на заседании экспертной комиссии, собравшейся в кабинете А. Л. Минца.

При этом, оценивая проделанную работу и понимая, что от радиолокации предлагается в РТИ переход к весьма проблемному лучевому оружию, Александр Львович сказал: «...Конечно, мы не должны уходить от рассмотрения новых проблемных направлений, но эта тема нова и сложна и требует от коллектива РТИ как тематической переориентации, так и очень больших ресурсных вложений. Пока же нам нужна спокойная подготовительная исследовательская работа небольшого коллектива» [37], с. 44-45.

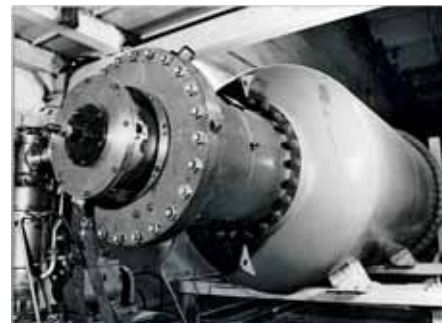
Вполне естественно, что при гениальной прозорливости А. Л. Минца в вопросах разработки и создания установок высокой энергии развить тематику радиолучевого оружия в РТИ вместо радиолокационной было бы равносильно самоуничтожению коллектива и в итоге это направление исследований вскоре было свернуто.

ПУЧКОВОЕ ОРУЖИЕ

Еще одной сверхсекретной страницей творческой деятельности Радиотехнического института АН СССР была работа по исследованию возможности создания пучкового оружия.

С этой целью в апреле 1967 года А. Л. Минц сформировал и возглавил инициативную группу из шести человек, в состав которой входили Левин М. Л. (главный теоретик), Наumenko Е. Д., Филимонова Т. И., Воронков Р. М., Стеслицкая М. А., Дурова Л. И. Перед группой была поставлена задача «создать сильноточный мощный и хорошо управляемый поток частиц».

В апреле этого же года А. Л. Минц начал готовить фронт работ будущих лет, положив в основу перспективных исследований последние достижения отечественной и мировой науки. В основу работы по созданию пучкового оружия легла идея академика Векслера, высказанная им в 1957 году, с предложением ускорять сгустки, в которые входят частицы разных знаков, чтобы ослабить силы расталкивания. При этом электроны должны были образовывать кольцеобразные сгустки, а в них должны были вводиться протоны. Работы по реализации предложения Векслера проводились в СССР и США, но повсеместно закончились неудачей.



Сверхмощный генератор радиочастотной энергии

Работая над идеей возможности создания пучкового оружия, сотрудник РТИ Левин М. Л. теоретически показал, что в образовании двух сортов частиц обязательно происходят паразитные колебания. А. Л. Минц, в свою очередь, предложил структуру сильноточного ускорителя, которая была способна решить задачу противоракетной обороны, и группа начала активно работать в этом направлении.

В апреле 1967 года А. Л. Минц провел серию заседаний инициативной группы, на которых проинформировал присутствующих об изменении задач техники строительства новых ускорителей и генераторов мощных потоков электромагнитного излучения [87], а также поставил ряд задач, которые надлежит решить в ближайшие годы.

В двух словах суть изменений заключалась в следующем: в период 1945-1967 гг. развитие техники ускорителей служило основой роста энергии атомных взрывов. Однако ударная сила боеприпасов достигла такого уровня, при котором нападающая сторона не может достаточно успешно обезопасить себя.

Поэтому в технике ускорителей возникли новые задачи: создавать потоки частиц или излучателей, которые можно будет использовать с целью поражения противника.

Можно предположить, что подобные выводы были в это же время сделаны и американскими учеными, и с их подачи через некоторое время президент Рейган выступил с про-



Источник мощных релятивистских электронных колец Минца

ектом так называемой «стратегической оборонной инициативы» (СОИ) ([37], с. 102-103).

Исходя из возможных вариантов стратегий обеспечения реагирования на вероятный стратегический налет баллистических ракет противника, обороняющейся стороне можно реализовать две тактики: либо угроза ответного ракетного удара, либо перехват и уничтожение ракет противника в полете. Второй метод предпочтительней, так как позволяет сохранить собственные материальные силы.

Отсюда следует, исходя из вышеизложенного, «целесообразность применять в противоракетной обороне разрушающие ракету противника потоки частиц или излучений».

Задачу разработки ускорителей, создающих такие потоки, и поставил тогда перед группой специалистов руководитель Радиотехнического института АН СССР А. Л. Минц ([37], с. 103).

Исследования специалистов РТИ и ряда других организаций показали, что создание для решения задач ПРО ускорителей на сверхвысокие энергии с моновидами ускоряемых частиц (электронов, протонов, нейтральных частиц) не дает должного эффекта.

Эффективный метод получения потоков частиц со сверхвысокой энергией для решения задач ПРО руководителю института А. Л. Минцу,

как, впрочем, и другим специалистам, работающим в этом направлении, виделся в развитии коллективных методов ускорения различных по заряду частиц (например, электронов совместно с протонами) в коллективном ускорителе с релятивистскими электронными кольцеобразными сгустками (РЭКС). В этой связи в институте начались теоретические и экспериментальные работы по поиску путей реализации таких установок с целью поиска путей формирования мощных сильноточных ультрарелятивистских электронных потоков для мощного генерирования СВЧ-колебаний

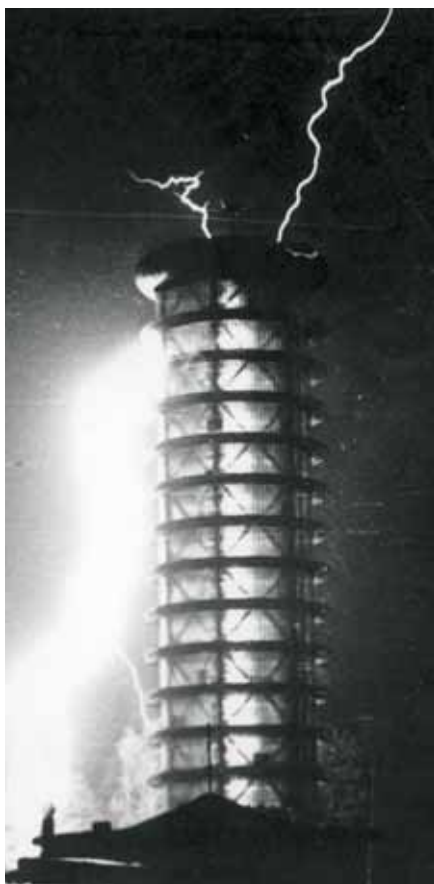


Ускоренный высокоэнергетичный пучок частиц в атмосфере

и гамма-излучения (устройство, разработанное в рамках этого направления, получило наименование «СТРУМ» — спиралетраекторный резонансный ускоритель Минца). Нормальный ход работ по этому новому перспективному направлению ускорительной тематике был прерван в результате того, что академику А. Л. Минцу в 1970 году было предложено уйти на пенсию и полностью прекратить всякую деятельность в стенах Радиотехнического института [33].

Завершая этот раздел, необходимо иметь в виду, что на пути создания пучкового оружия, обладающего приемлемым уровнем поражения ракет, предстояло решить еще целый ряд сложнейших научно-технических проблем [19, 20, 21], к чему ни в то время, да и, пожалуй, ни сейчас человечество в полной мере еще не готово.

Продолжение следует.



Молнии — оружие богов (высокоэнергетичная установка с $U_{\text{рас}}=5,4$ МВ)