

*Материалы LVI Международной конференции  
по проблемам ядерной спектроскопии и структуре  
атомного ядра “ЯДРО-2006”*  
(Саров, сентябрь 2006 г.)

Сопредседатели Оргкомитета  
LVI Международной конференции по проблемам  
ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра “ЯДРО-2006”  
академик **Р.И. Илькаев**  
и д-р физ.-мат. наук **С.Н. Абрамович**

Материалы LVI Международной конференции  
по проблемам ядерной спектроскопии и структуре  
атомного ядра “ЯДРО-2006”  
под общей редакцией  
д-ра физ.-мат. наук **Н.С. Зеленской**

УДК 539.171

## 60 ЛЕТ НАУЧНОГО ПОДВИГА

© 2007 г. Р. И. Ильяев

От редакции

Настоящим номером продолжается публикация материалов LVI Международной конференции по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, проходившей в Российском федеративном ядерном Центре – Всероссийском НИИ экспериментальной физики (г. Саров). Конференция приурочена к 60-летию создания РФЯЦ-ВНИИЭФ, поэтому первая статья посвящена истории создания этого института.



Наш институт, первоначально – КБ-11, затем – ВНИИ экспериментальной физики (ВНИИЭФ), с 1992 года – Российский федеральный ядерный центр – ВНИИ экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ) – был создан 9 апреля 1946 года Постановлением № 806–327 Совета Министров СССР. К моменту принятия Постановления вопрос о создании КБ-11 был детально проработан. Первоначально КБ-11 входило в состав Лаборатории № 2 Академии наук, которую возглавлял руководитель атомного проекта СССР Игорь Васильевич Курчатов. Основной задачей КБ-11 являлась разработка двух вариантов атомных бомб: импло-

зивного типа на основе плутония и на принципе сближения на основе высокообогащенного урана. Необходимо было обеспечить, с одной стороны, возможность оперативных контактов КБ-11 со многими организациями (прежде всего в Москве или через Москву), участвовавшими в атомном проекте СССР, а с другой стороны, выполнить беспрецедентные требования секретности. Это определило место расположения КБ-11 – поселок Саров (сейчас – город Саров) в ~400 км от Москвы в глухом районе на границе Мордовского заповедника и Горьковской области.

Директором КБ-11, осуществлявшим всю полноту административной власти на территории атомного объекта, был назначен генерал-майор Павел Михайлович Зернов, выдающийся организатор танковой промышленности в годы Великой Отечественной войны. Главным конструктором КБ-11, руководившим его научно-технической деятельностью, стал член-корреспондент АН СССР Юлий Борисович Харитон, ближайший сподвижник Игоря Васильевича Курчатова, крупнейший специалист в области физики взрыва, выполнивший пионерские работы в области ядерных цепных реакций еще в довоенный период. Эти два замечательных человека и специалиста стали отцами-основателями нашего института.

К настоящему времени об истории РФЯЦ-ВНИИЭФ и его замечательных людях написано много книг и статей, сняты кинофильмы. Наш институт имеет выдающиеся достижения в различных областях фундаментальной науки, создании уникальных физических установок, работах, связанных с гражданской тематикой. Об этих важнейших видах деятельности РФЯЦ-ВНИИЭФ, сосредоточенной в профильных институтах, КБ, подразделениях, международном сотрудничестве, также немало написано. Поэтому я не буду повторяться, а сосредоточусь на научных аспектах деятельности, связанной непосредственно с разработкой ядерного и термоядерного оружия.

Практически все достижения института связаны с объединением усилий большого количества специалистов, и работа каждого из них важна для получения конечного результата. В силу ограниченности объема публикации я не могу скольконибудь подробно представить коллективы авторов, работавших над реализацией проектов, о которых я рассказываю. С другой стороны, я не могу в юбилейной статье не говорить и о конкретных людях. Мне пришлось сделать в каждой ситуации тот или иной выбор, и я прошу отнестись к этому с пониманием. Более подробная “персонификация” достижений приведена в различных публикациях о работе института, в том числе в последних юбилейных изданиях, посвященных 60-летию основания РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Я отмечаю в данной статье ряд замечательных проектов, реализованных в нашем институте, которые, без сомнения, являются вершинами научно-технического творчества. Однако как из-за ограниченности статьи, так и по причинам режимных ограничений я не могу перечислить все работы этого уровня. Хотя о многом сказано лишь несколько фраз, мне представляется, что в известной степени они соответствуют существу проектов. Каждая такая фраза наполнена множеством ярких событий научного поиска и практической реализации, творческими взлетами, выдающимися победами интеллекта и труда.

### ПЕРВЫЕ ИДЕИ И ЭПОХАЛЬНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В СОЗДАНИИ ЯДЕРНОГО И ТЕРМОЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

Первым важнейшим достижением, неразрывно связанным с именем нашего института, является разработка и создание первой атомной бомбы РДС-1. Непреходящее значение этого события состоит в том, что это была первая практическая реализация ядерного заряда. И специалисты, и руководители страны поверили в то, что мы “на верном пути”. Организация ядерного взрыва представляла собой необычный сплав гидродинамических (в том числе детонационных и ударно-волновых) процессов с нейтронно-ядерными процессами, и этот подход оказал мощное воздействие на всю дальнейшую технологию создания ядерных зарядов. Мне трудно персонифицировать идейную сторону разработки РДС-1, которая, с одной стороны, является аналогом атомной бомбы США “Fat Man”, а с другой – выдающимся творческим достижением многих замечательных специалистов, работавших под руководством И.В. Курчатова, Ю.Б. Харитона, К.И. Щелкина. В создании РДС-1 исключительно велика роль других институтов, прежде всего институтов Академии наук, в которых решалась масса вопросов, начиная от определения необходимых

констант и кончая проведением расчетов, уникальных для того времени.

Следующим выдающимся этапом в работе нашего института было создание первой водородной бомбы РДС-6с. Об истории создания этого удивительного заряда много написано, и мы неоднократно выражали свое восхищение талантом А.Д. Сахарова. В РДС-6с впервые в СССР было реализовано зажигание и горение термоядерного горючего, и в этом состоит, в частности, непреходящее научное значение этой разработки. Отмечу, что идейное наследие этой разработки можно рассматривать в двух плоскостях:

- применительно к развитию ядерного оружия РДС-6с представляет собой “прототип” бустинга;
- применительно к развитию термоядерного оружия РДС-6 представляет собой “прототип” важнейших элементов термоядерного узла двухстадийного термоядерного заряда.

Тот факт, что у нас был создан заряд РДС-6с, во много определил и то, что в 1955 г. в КБ-11 был создан первый двухстадийный термоядерный заряд на принципе радиационной имплозии – РДС-37. Это третье грандиозное достижение связано с именами многих людей, но я упомяну здесь только трех замечательных ученых: А.Д. Сахарова, Я.Б. Зельдовича, Ю.А. Трутнева. Хотя в двухстадийном заряде основное внимание привлекает к себе термоядерный узел, отмечу, что при разработке заряда РДС-37 впервые была решена задача адаптации первичного источника к условиям и требованиям стадийного заряда. Подобные физические и конструкторские задачи впоследствии решались специалистами сотни раз, и в этом также видится идейное наследие создания РДС-37.

Важнейшим шагом в совершенствовании ядерного оружия было использование “бустинга”. Когда в результате ядерного взрыва в делящихся материалах (ДМ) реализуются температура и плотность, достаточные для протекания термоядерных реакций, то они производят нейтроны, которые эффективно делят ДМ, что приводит к росту энерговыделения ядерных зарядов (ЯЗ). Как я отмечал выше, “прототипом” для “бустинга” может считаться РДС-6с, где, по существу, использовался этот принцип. Однако его “простой” перенос в “традиционный” вид ядерных зарядов был невозможен, и его адаптация потребовала многих “находок” и усилий.

В 1954 г. Я.Б. Зельдович и Л.П. Феокистов сформулировали идею использования для “бустинга” ТД-газа, а предварительным этапом к этому были предложения 1953 г., сделанные Я.Б. Зельдовичем и Н.А. Дмитриевым. Это был фантастически смелый проект, который предполагал осуществление имплозии двух материалов, имевших

исходные плотности, различающиеся на несколько порядков. Реализация этой идеи была связана с решением серьезных газодинамических, конструкционных и технологических проблем. В результате новых решений и многих усилий в 1957 г. эта идея была воплощена в реальном ЯЗ, испытание которого дало великолепные результаты. Значение этого события для дальнейшего развития ядерного и термоядерного оружия трудно переоценить. По своей эффективности оно стоит в одном ряду с созданием РДС-1, РДС-6с, РДС-37. При большом количестве достижений, полученных в решении этой задачи, назову только ряд имен: С.Б. Кормер, В.Г. Морозов, В.П. Жогин.

Создание бустерной схемы ядерных зарядов потребовало разработки специальной системы “хранения и доставки” в ЯЗ термоядерного горючего. Это была сложная конструкторская и технологическая проблема, над которой работали многие выдающиеся специалисты и которая прошла через целый ряд этапов. Институт добился решения этой задачи, включавшей все основные этапы от проектирования элементов этой системы до ее серийного производства. Отмечу ведущую роль в этом достижении Д.А. Фишмана, В.П. Сорокина, В.Н. Лобанова, В.Д. Загряя.

Подчеркну выдающийся вклад “бустинга” в решение таких задач, как повышение безопасности ядерного оружия и преодоление систем ПРО и ПВО.

После успешного испытания РДС-37 открылись широкие возможности для развития принципа радиационной имплозии. Был определен ряд направлений, по которым проводились работы. Исключительно плодотворным оказалось предложение Ю.А. Трутнева и Ю.Н. Бабаева, которое позволило существенно улучшить габаритно-массовые параметры термоядерных зарядов. В идейном плане оно было связано прежде всего со смелым шагом в организации процесса переноса энергии в термоядерной системе. Первый заряд этой новой улучшенной схемы – проект “49” – был успешно испытан в начале 1958 г. После этого были развернуты масштабные работы по “продвижению” этой идеи в различные габаритно-массовые категории.

В 1958 г. были начаты натурные эксперименты по решению задачи зажигания термоядерного горючего без использования ДМ в термоядерном узле двухстадийного заряда, хотя идеи возможности получения такого результата высказывались ранее: в 1954 г. они были сформулированы А.Д. Сахаровым и Д.А. Франк-Каменецким в специальном отчете о перспективах принципа радиационной имплозии.

Было проведено несколько экспериментов, и все они дали полностью негативный результат. Термоядерное горючее не зажигалось, хотя в него

должно было поступать достаточное количество энергии для зажигания. Эта проблема была рассмотрена нашими учеными, которые осознали, что причиной “отказов” был недостаточно высокий уровень симметрии имплозии. Для решения этой задачи было подготовлено к натурному испытанию специальное высокосимметричное устройство (Ю.А. Трутнев, В.Н. Мохов, Л.И. Огнев, В.С. Пинаев, В.П. Феодоритов), которое не удалось тогда испытать из-за наступившего моратория. К этой проблеме вернулись в 1962 г., и натурное испытание “Золотого ТИСа” (так называется это устройство) дало великолепный результат. Идея возможности зажигания термоядерного горючего без ДМ была подтверждена, и было выяснено, как это делать. Этот результат имел далеко идущие последствия. В рамках этого принципа были разработаны целые семейства различных видов ядерного оружия (ЯО), включая специализированные термоядерные заряды, а также ряд зарядов для промышленного использования (“ядерные взрывы в мирных целях”).

В 1961 г. было проведено успешное испытание самого мощного термоядерного заряда (проект “602”). Об этом заряде уже много говорилось различными авторами, и я на нем не буду подробно останавливаться. Скажу только, что это был замечательный по смелости эксперимент, в котором был реализован многоступенчатый процесс радиационной имплозии, а основной термоядерный узел представлял собой систему, содержащую лишь небольшое количество ДМ. Значение проекта состояло в том, что были продемонстрированы возможности создания зарядов очень большой (“практически неограниченной”) мощности. Это было очень важно для нашей страны, так как наш ядерный арсенал уступал американскому несколько порядков в величине “мегатоннажа”. Подобный заряд (В.Б. Адамский, Ю.Н. Бабаев, А.Д. Сахаров, Ю.Н. Смирнов, Ю.А. Трутнев) никогда не стоял на вооружении, но его испытание явилось мощным сдерживающим фактором.

#### РАЗВИТИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИДЕЙ. НОВЫЕ ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ

После испытания РДС-1 последовала разработка принципа усовершенствованной имплозии, известной также как “принцип левитации” или оболочечно-ядерная система. Хотя эти идеи восходят к разработкам США, их развитие потребовало неординарных теоретических исследований (Я.Б. Зельдович, И.Е. Забабахин). Одновременно была радикально усовершенствована фокусирующая система, формирующая детонационную волну (В.М. Некруткин). Эти два достижения были реализованы в 1951 г. в составе ядерных зарядов РДС-2 и РДС-3 и

оказали глубокое идейное влияние на развитие ЯЗ. В практическом плане они привели к уменьшению габаритно-массовых параметров ЯЗ и более эффективному использованию ДМ по сравнению с РДС-1.

В 1953 г. был создан новый ядерный заряд РДС-4, в котором использовались достижения 1951 г., и решалась задача существенного уменьшения габаритно-массовых параметров. В практическом плане уменьшение габаритов позволило расширить класс самолетов-носителей ядерного оружия, а в идейном плане это был важный шаг по миниатюризации ЯО, магистральному направлению работ последующих десятилетий.

В 1954 г. была исследована возможность существенного уменьшения массы ДМ в зарядах имплозивного типа. Это достижение, с одной стороны, показало, что имплозивные заряды могут содержать небольшие количества ДМ, а с другой стороны, что на основе имплозии могут быть созданы ЯЗ малой мощности (на несколько порядков меньше, чем исходный ЯЗ РДС-1). В идейном плане сейчас мы можем рассматривать эти работы как важный шаг в проблеме адаптации ЯЗ к решению конкретных задач – принципу реализации оптимального энерговыделения, не связанному с излишними побочными эффектами.

Работы этого периода по совершенствованию ЯЗ связаны с именами многих наших замечательных специалистов, включая Е.И. Забабахина, Л.В. Альтшулера, Б.Д. Бондаренко, Н.А. Попова, В.П. Феодоритова.

В период создания первых образцов ядерного оружия велись энергичные исследования возможностей совершенствования системы его нейтронного инициирования. Применение первых нейтронных источников типа “нейтронный запал” (в котором нейтронный импульс создавался в  $(\alpha, n)$ -реакции при перемешивании  $^{210}\text{Po}$  и  $\text{Be}$  при фокусировке сходящейся сферической волны) имело ряд крупных недостатков.

Еще в 1948 г. Я.Б. Зельдович и В.А. Цукерман выдвинули идею о внешнем нейтронном инициировании. Первоначально это предложение встретилось с трудностями, связанными с реализацией необходимых габаритно-массовых параметров и особенностью подхода, когда принципиальный источник развития цепной реакции “существовал” независимо от ЯЗ. Однако трудности были преодолены, и в 1954 г. было проведено испытание первого ЯЗ с внешней системой нейтронного инициирования. Этот принцип оказался исключительно плодотворным, так как, во-первых, он снял определенные ограничения для дальнейшего совершенствования ЯЗ, а во-вторых, явился важным фактором в обеспечении безопасности ЯО.

Развитие термоядерного оружия было связано также с другим направлением совершенствования первичных источников энергии – ядерных зарядов, которые создавали энергию для радиационной имплозии. Существовал ряд важных идей, связанных с повышением эффективности процесса вывода энергии из первичных источников. Первые идеи в этом направлении восходят к середине 50-х годов. Хотя в 1961–1962 гг. были созданы экспериментальные устройства для натурной проверки этих предложений, их тогда не удалось успешно реализовать из-за серьезных трудностей с процессом имплозии. Тем не менее это направление развития оказалось исключительно плодотворным.

Мне посчастливилось вместе с моими коллегами, прежде всего с В.Н. Михайловым и Б.Д. Бондаренко, получить первые практические достижения в этой области, когда в 1966 г. в рамках одной схемы были объединены идея улучшения вывода энергии и идея создания первичного источника с повышенными качествами в отношении возможности преодоления ПРО.

Это направление работ оказалось весьма эффективным и было востребовано жизнью. Нам удалось развить эти идеи и продвинуть их в другие габаритно-массовые категории, создав в конце 60-х годов самый “стойкий” малогабаритный первичный источник энергии, который получил широкое распространение в различных зарядах.

Следующим радикальным шагом стала реализация оригинальной идеи, приведшей к получению предельных показателей характеристик вывода энергии. Развитие и внедрение этой идеи потребовали огромной работы, в теоретической части которой мы тесно сотрудничали с Б.Д. Бондаренко, Б.Н. Красновым, В.П. Незнамовым.

Разработка первичных источников требовала неординарных усилий по развитию методов прогнозирования их энерговыделения. Существенный прогресс в этой области связан с оригинальным подходом, предложенным и развитым В.П. Незнамовым. Этот подход успешно использован при разработке многих ЯЗ, а его результаты были подтверждены в десятках натуральных испытаний. Подобные идеи были также положены в основу важных критериев надежности первичных источников и тем самым основной части наших разработок.

В 1962 г. был испытан созданный в институте (Б.Н. Козлов) самый мощный термоядерный заряд, когда-либо переданный на вооружение. Хотя он существенно уступал по энерговыделению проекту “602”, его боевые возможности были огромны. При этом он был разработан в виде, пригодном для оснащения тяжелых межконтинентальных баллистических ракет (МБР), которые вскоре стали входить в строй. Особенностью этого ЯЗ яв-

ляется рекордная величина отношения его энерговыделения к энерговыделению первичного источника. Даже относительно небольшое количество МБР с этим и рядом других зарядов представляло собой грозную силу. СССР впервые создал ядерный потенциал сдерживания, и в этом был важнейший вклад нашего института. СССР был ответственным государством, он не использовал этот потенциал, однако с нами теперь должны были считаться по очень большому «счету».

Началось бурное производство МБР, создание их укрепленных пусковых установок и т.д. В этих условиях борьба за габаритно-массовые параметры ЯЗ приобрела важное значение, так как была напрямую связана с решением задачи создания необходимого потенциала ответного удара.

Для этого оказались востребованными сформулированные еще в начале 60-х годов идеи о возможности дальнейшего существенного повышения удельной мощности термоядерных зарядов. В 1966 г. задача создания такого ЯЗ была успешно решена, что открыло дорогу для «тиражирования» этого подхода в другие габаритно-массовые категории, а сам новый ЯЗ был передан на вооружение. Это также была «знаковая идея» для развития наших ядерно-оружейных работ (Г.А. Гончаров, И.А. Курилов, В.Н. Михайлов, В.С. Пинаев).

В середине 60-х годов требовалось новое существенное упрочнение наших стратегических ЯЗ. Эта задача была решена для первичного источника, о чем я упоминал выше, в 1966 г. На его основе было проведено полномасштабное испытание мощного термоядерного заряда, который обладал рекордным уровнем «стойкости». Следует отметить, что этот рекордный уровень не был превзойден и позже. Ценность этой разработки состоит в том, что, хотя она не была востребована, мы уже 40 лет назад знали, какие меры можно и нужно применять в термоядерном оружии в рамках проблемы преодоления ядерной ПРО.

Крупной идеей, оказавшей огромное влияние на разработку термоядерного оружия, явилась идея «многоимпульсной» радиационной имплозии. Инициатором и лидером работ в этой области был Ю.Н. Бабаев. Целью соответствующего предложения являлось существенное улучшение габаритно-массовых параметров термоядерных зарядов, а его реализация была связана с решением сложнейших вопросов радиационной газодинамики. Работа в этом направлении (Ю.Н. Бабаев, С.А. Холин, А.В. Ивкин) привела к новому подходу поэлементной натурной отработки, к развитию новых методов диагностики, а также к существенному развитию физико-математического моделирования и компьютерных программ. Эта работа в начале 70-х годов увенчалась выдающимся результатом и продолжалась далее рядом коллективов примени-

тельно к решению конкретных оружейных задач. Одним из результатов этой деятельности явилось получение колоссального по объему и разнообразию научно-технического материала, который исключительно ценен для верификации наших новых методик, столь необходимых сегодня для научно-технического сопровождения ядерного арсенала в условиях отсутствия натурных испытаний.

Новое крупное направление работ в совершенствовании термоядерного оружия было связано с разработкой зарядов для разделяющихся головных частей (РГЧ). Эта проблема остро встала после того, как создание РГЧ индивидуального наведения стало магистральной линией развития стратегического ядерного оружия США. Хрупкий баланс ситуации устойчивого сдерживания с гарантированным ответным ударом мог нарушиться. В этой ситуации необходимо было эффективно решить задачу создания первых ЯЗ, обладавших достаточно высокой стойкостью для оснащения первых РГЧ МБР. Для этого, как я говорил выше, потребовалось прежде всего создать необходимые первичные источники, и на их основе мы с Б.Д. Бондаренко и В.Н. Михайловым разработали первый термоядерный заряд для оснащения РГЧ.

Это направление развития термоядерного оружия стало высокоприоритетным, и вскоре был создан самый массовый термоядерный заряд (В.С. Лебедев), которым, в частности, были оснащены многие РГЧ. Существенный вклад в боевое оснащение РГЧ МБР связан с разработкой высокоэффективного термоядерного заряда (Г.А. Гончаров).

Целый ряд идей был связан с задачами воздействия поражающих факторов ядерного взрыва (ПФЯВ) на принципиальные элементы ЯБП, головные части (ГЧ), системы автоматики ракет и т.д. Наши специалисты работали над изучением этих сложных явлений (теоретики, математики, конструкторы и многие другие). В результате был сформулирован целый ряд предложений по упрочнению различных узлов этой разнообразной техники. Работами по этому направлению руководил Ю.Б. Харитон, ряд принципиальных предложений был сформулирован А.К. Чернышевым. Отмечу важнейшую роль в этой работе конструкторов-разработчиков ЯЗ и ЯБП.

В рамках исследования различных способов преодоления ПРО возникли предложения использовать в этих целях возможности стратегических термоядерных зарядов, находящихся в составе группы РГЧ, для активного воздействия на элементы системы ПРО. Эта задача была связана с изучением особенностей работы узлов термоядерных зарядов в условиях мощных воздействий поражающих факторов ядерного взрыва, приводящих к масштабным возмущениям исходной схемы за-

ряда. Исследования этих возмущений и осуществление в этих условиях радиационной имплозии представляло собой сложную и многоплановую работу, которая была успешно выполнена коллективом специалистов под руководством В.Г. Морозова. Впоследствии аналогичная задача была решена для современного малогабаритного термоядерного заряда (В.Г. Морозов, В.С. Нефедов, Б.В. Певницкий). Важным результатом было существенное продвижение в понимании особенностей работы высоконадежного термоядерного оружия и практическое создание его образцов.

Вопросам надежности ядерного и термоядерного оружия в нашем институте всегда придавалось особое значение. В этом плане был проведен огромный объем работ теоретиками, конструкторами, газодинамиками, технологами. Лидером в организации и консолидации всех этих исследований и их практического внедрения в течение многих лет был Д.А. Фишман.

#### РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВИДОВ ЯДЕРНЫХ ЗАРЯДОВ

Ядерные заряды обладают целым рядом разнообразных поражающих факторов, которые можно разделить на две группы: первичные поражающие факторы, определяемые носителями энергии, выделяемой непосредственно при ядерном взрыве, и вторичные поражающие факторы, образующиеся при взаимодействии первичных поражающих факторов с конкретной средой.

Относительная важность тех или иных поражающих факторов определяется как конкретными особенностями ЯЗ, так и решаемой при его применении задачей. Данная проблематика, с одной стороны, затрагивает весьма чувствительные вопросы, а с другой стороны, связана с большим объемом усилий и выдающимися достижениями в реализации ядерной оружейной программы. Поэтому я могу остановиться только на некоторых примерах этих видов работ, которые уже до определенной степени известны.

Все ядерные заряды обладают в той или иной степени общим набором поражающих факторов. Однако при создании некоторых зарядов возникали задачи относительного усиления или ослабления отдельных поражающих факторов. Ядерные заряды, в которых решались эти задачи, и относятся к категории специализированных ЯЗ.

Известны различные подходы для решения широкого класса задач, связанных с такой "регулирующей". Отмечу принципиальное значение предложений и их практической реализации по способу регулирования мощности двухстадийного заряда, основанных на принципе разделения потока теплового излучения первичного источника на части

и изменения уровня радиационной имплозии вторичного модуля двухстадийного заряда, которые мы сформулировали с В.Е. Павловым и Е.Д. Яковлевым. Оригинальность и специфика этого принципа потребовали как специальных конструктивных решений, так и создания новых прецизионных трехмерных физико-математических моделей радиационной газодинамики.

Существенный вклад в развитие зарядов с регулируемым энерговыделением внесли работы группы специалистов под руководством С.А. Холина. Им удалось совместить идеи регулировки энерговыделения с требованиями жестких габаритных ограничений, определявшимися условиями конкретной разработки. Был решен комплекс сложнейших вопросов с использованием современных методов физико-математического моделирования, и задача, первоначально казавшаяся неразрешимой, была успешно выполнена, а уникальный заряд был передан на вооружение. Эта работа в существенной степени содействовала развитию понимания физических процессов, происходящих в условиях радиационной имплозии.

Отмечу, что эта разработка проводилась в тесном контакте теоретиков с конструкторами, роль которых в ней была очень высока.

Одной из известных проблем является задача уменьшения количества активности радионуклидов в ЯЗ и уменьшения радиоактивного загрязнения территории ядерным взрывом.

Хорошо известные примеры наших достижений в этой области:

- создание испытательного варианта самого мощного термоядерного заряда проекта "602", в котором была радикально уменьшена наработка радиоактивных веществ, что позволило существенно сократить радиоактивную нагрузку на среду обитания (А.Д. Сахаров);

- создание промышленного заряда высокой чистоты для эксперимента "Чаган", что позволило в сильной степени уменьшить радиоактивность в воронке выброса и в результате решить задачу о создании водохранилища с приемлемыми экологическими характеристиками (Ю.А. Трутнев).

Отмечу также, что над решением задачи специализированных термоядерных зарядов высокой чистоты много работали коллективы специалистов под руководством Ю.А. Трутнева, А.В. Певницкого и С.А. Холина.

#### РАБОТЫ В ОБЛАСТИ ПРО

Идея использования ядерных зарядов для поражения ядерных средств нападения противника восходит к 1954 г., когда встала задача обороны важнейших объектов страны от стратегической

авиации США. Группа замечательных специалистов (Я.Б. Зельдович, Д.А. Франк-Каменецкий, Н.А. Дмитриев и В.Н. Родигин) указала на значительные возможности применения ядерных взрывов небольшой мощности для перехвата самолетов-носителей ядерного оружия и поражения самих ядерных боеприпасов (ЯБП), существовавших в то время. Эта идея получила практическое воплощение, и в 1957 г. было проведено успешное испытание зенитной управляемой ракеты, оснащенной ядерным зарядом КБ-11, которая успешно поразила две цели – самолеты-мишени.

В дальнейшем этот подход был развит для перехвата ГЧ баллистических ракет, и в 1961–1962 гг. был проведен ряд натурных высотных и космических взрывов в целях изучения возможностей ПРО. Это была масштабная деятельность, в которой участвовали десятки организаций различных министерств. В этих экспериментах использовались ядерные и термоядерные заряды, созданные в КБ-11, а руководство исследованиями, связанными с “ядерной компонентой”, осуществлял замечательный ученый Ю.А. Романов, работавший в то время в НИИ-1011 (РФЯЦ-ВНИИТФ).

В связи с интенсификацией в США работ по ПРО возникла неотложная задача тщательно изучить эту проблему в двух плоскостях: во-первых, было необходимо выяснить, какие угрозы может реально представлять такая система ПРО для наших стратегических ядерных сил и что нужно сделать для преодоления этих угроз, а во-вторых, понять наши собственные возможности по перехвату американских боеголовок. Эта работа включала большой комплекс исследований, связанный с развитием средств обнаружения и сопровождения целей, созданием противоракет и изучением возможностей ПФЯВ. Последняя группа вопросов требовала консолидации усилий. В 1967 г. в наш институт вернулся Ю.А. Романов. Он был назначен заместителем Ю.Б. Харитона и с тех пор в течение трех десятилетий руководил основной частью работ в Минсредмаше по проблематике ПРО.

Выбор нашего института в качестве ведущей организации по исследованию вопросов ядерной ПРО был удачным. Здесь были специалисты со значительным опытом работ в этой области и оригинальными идеями (Е.М. Рабинович, В.Н. Родигин). Так, Е.М. Рабиновичем было показано, что в целом ряде случаев ядерная ПРО может быть существенно усилена, если она будет оснащена специализированными ядерными зарядами. В 1967 г. первый термоядерный заряд этого типа был успешно испытан (Е.М. Рабинович, В.П. Дубинин). Это была уникальная для того времени разработка, в которой сочетались оригинальные идеи, а натурное испытание было связано с созданием и ис-

пользованием специальной системы диагностики. Через 2 года этот успех был закреплен новой разработкой и испытанием, которые существенно расширили представления о возможностях ядерной ПРО. Было осознано, что в определенных случаях ядерная ПРО – это серьезно, и требуются специальные решения, чтобы ограничить связанные с ней угрозы.

Линия на специализацию термоядерных зарядов для ПРО была расширена, и в институте начались работы по другой “ветви” специализации, которые вскоре принесли крупные результаты (А.К. Хлебников, Е.А. Карповцев). Дальнейшее развитие этой линии привело к созданию образцов оружия для нашей собственной ПРО и ПВО. Хочу отметить, что после заключения Договора по ПРО основной целью деятельности было исследование возможностей ПРО, а создание конкретных образцов оружия для нашей ПРО было дополнительной задачей. Было разработано, изучено и испытано значительное количество различных “прототипов” боевого оснащения ядерной ПРО, которые, с одной стороны, позволили детально и обоснованно представить возможности ядерной ПРО, а с другой стороны, дали новую важную информацию о процессах, происходящих в термоядерных зарядах.

Создание специализированных зарядов и боеприпасов для ПРО потребовало решения многих конструкторских и технологических проблем и вызвало к жизни глубокие и оригинальные решения.

Работы в этой области проводились в тесной кооперации со многими “внешними” организациями различных министерств, а выработка технической политики была сложным и ответственным делом (Ю.А. Романов, В.Ф. Рыбаченко).

Важное значение имели исследования устойчивости функционирования различных систем ПРО и видов перехвата целей, осуществляемые ими. В 80-е годы в связи с амбициозной программой Р. Рейгана “Стратегическая оборонная инициатива”, нам пришлось решать новые задачи по оценке состоятельности этих планов.

В целом работы, связанные с различными аспектами ПРО, ПВО, – это важный и интересный вид деятельности нашего института, в котором было много замечательных достижений. В настоящее время значение и важность этого направления работ определяется, с одной стороны, новыми научно-технологическими возможностями, а с другой стороны, наличием конкретных планов США по созданию национальной ПРО.



## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

Безопасность ядерного оружия является его основополагающим качеством. Работы по обеспечению безопасности ЯО целенаправленно и продуманно проводились в течение десятилетий, начиная с момента его создания, на высоком научно-техническом уровне. У нас в стране при обращении с десятками тысяч ЯЗ и ЯБП в течение десятилетий не было ни одной значимой аварии с ними, когда возникла бы опасность радиоактивного загрязнения, не говоря уже о ядерном процессе. Наш институт играл и играет выдающуюся роль в решении этой задачи, и мы вправе гордиться нашими достижениями по обеспечению безопасности ЯО.

В решении задач безопасности ЯЗ и ЯБП участвовал огромный коллектив специалистов самых различных профессий: теоретиков, математиков, газодинамиков, физиков-экспериментаторов, конструкторов, технологов, работников СБ и многих других. Можно считать, что по существу институт всегда работал над этой проблемой и достижения в этой области – успех всего РФЯЦ-ВНИИЭФ. Крупный вклад в решение этих задач в течение многих лет вносил и вносит коллектив газодинамиков, которым несколько десятилетий руководил замечательный специалист Л.М. Тимонин.

Обеспечение различных видов безопасности определяется соответствующими нормами и критериями. Широко известен критерий ядерной взрывобезопасности (ЯВБ), который определяет, что с вероятностью, меньше заданной, выделяется энергия не более заданной величины. Институт всегда отстаивал весьма жесткие критерии ЯВБ и неукоснительные правила их соблюдения. Остановлюсь на этом подробнее.

По существу задача ЯВБ сводится к определению сжатия активных материалов ЯЗ или ЯБП при аварийном взрыве ВВ, вероятности возникновения обрывающихся процессов цепной реакции и эволюции нейтронного поля в ядерном заряде. Конечный результат экспериментов, расчетов и оценок – определение количества ядерной энергии и вероятности, с которой эта энергия может выделяться в результате аварийного подрыва. Исследования в этой области были начаты в КБ-11 еще в середине 50-х годов.

Важным видом исследований, в которых институт добился выдающихся результатов, являются работы, связанные с обеспечением групповой ядерной взрывобезопасности, когда задача обеспечения ядерной взрывобезопасности распространяется одновременно на группу ЯЗ, ЯБП. Решение этой задачи потребовало масштабных теоретических и газодинамических работ и проведения серии уникальных натуральных экспериментов.

Работы по обеспечению безопасности включали в себя изучение аварий и нештатных ситуаций с ЯЗ и ЯБП как автономно, так и в составе носителей ядерного оружия. Задачей этих исследований был сбор и анализ данных по уровню и интенсивности аварийных воздействий на ЯЗ и ЯБП в аварийных ситуациях, определение параметров реализуемых нагрузок. На этой основе были созданы методики испытаний ЯЗ и ЯБП на аварийные воздействия, которые позволяют получать экспериментальное подтверждение расчетных оценок поведения конструкций ЯЗ и ЯБП и радиационной обстановки на местности в результате аварийной ситуации.

Важным видом мер по обеспечению безопасности на различных этапах жизненного цикла является использование специальных защитных контейнеров для ЯЗ, ЯБП и ДМ. В этой области институт также имеет большие достижения.

В заключение скажу, что в последние 15 лет нам в существенной степени удалось реализовать развитую у нас в институте всеобъемлющую концепцию обеспечения безопасности ядерных зарядов и ядерных боеприпасов. Эта концепция в значительной степени предполагает ориентацию на технические меры и способы различного плана. Такой подход был связан как с научно-техническими возможностями и достижениями, так и с определенным снижением возможностей организационных мер обеспечения безопасности, вследствие изменения положения в стране.

Обеспечение безопасности ЯО – это одна из важнейших текущих задач в нашей работе. Мы стоим здесь на созданном крепком фундаменте, но должны продолжать работы в этой области. Мир меняется, и возникают новые проблемы, влияющие на безопасность ЯО, которых не было 20–30 лет тому назад. Отмечу лишь, что, кроме обеспечения традиционных видов безопасности, мы работаем над решением таких вопросов, как повышение безопасности ЯО в отношении угроз его несанкционированного применения, а также угроз, связанных с ядерным терроризмом. Эта масштабная работа связана с научно-исследовательскими и конструкторскими разработками, с созданием новых видов техники.

## РАБОТЫ ПО СОЗДАНИЮ ЯБП И РАЗВИТИЮ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

Выше я довольно подробно рассказал о некоторых аспектах разработки ядерных зарядов. Остановлюсь теперь на некоторых особенностях создания ядерных боеприпасов. Эта работа потребовала решений совершенно новых задач по превращению ядерных зарядов в оружейные системы и их сопряжению со средствами доставки.

Наш институт создавал различные ядерные боеприпасы: на первом этапе ядерные и термоядерные авиабомбы, затем ядерные боеголовки для МБР и БРСД, для ракет сухопутных войск, ракетных систем ПВО и ПРО, авиационных ракет ПВО класса “воздух–воздух”.

За 50 лет в институте было разработано более 130 типов ядерных боеприпасов, из них было принято на вооружение более 100. Ядерные боеприпасы РФЯЦ-ВНИИЭФ отличаются

- высокой степенью эксплуатационной надежности;
- практически абсолютной ядерной безопасностью, высокой пожаро- и взрывобезопасностью в течение всего жизненного цикла (в том числе при возникновении аварийных ситуаций);
- высокой стойкостью к поражающим факторам ядерного взрыва средств обороны противника;
- обеспечением высокой эффективности при поражении цели.

Эти качества достигаются

- комплексированием систем управления ракет-носителей и системы автоматики ЯБП, которое углубляется по мере совершенствования вычислительных комплексов систем управления и адаптации бортовых приборов системы автоматики;
- развитием и использованием научно-технических методов и комплексного подхода в проектировании ЯБП с применением современных технологий тщательных и всесторонних расчетов;
- математическим и натурным моделированием работы приборов, систем автоматики в условиях применения с использованием уникальных моделирующих установок;
- экспериментальной отработкой моделей и полномасштабных макетов ЯБП на уникальной испытательной базе ВНИИЭФ;
- автономной летной отработкой ЯБП с проведением испытаний в условиях предельных механических и тепловых нагрузок при боевом использовании ЯБП;
- систематическим и эффективным анализом радиотелеметрических и траекторных измерений при летных испытаниях, позволяющих выявить особенности аэродинамики, динамики полета, тепловой защиты ЯБП.

Параллельно с созданием разнообразных ядерных боеприпасов разрабатывались необходимые для их функционирования системы автоматики.

Во ВНИИЭФ были выполнены многие уникальные разработки в этих целях. Упомянем здесь только две из них: импульсный нейтронный генератор, который с 1955 г. применяется практически во всех ядерных боеприпасах, и высокоточный ра-

диодатчик, обеспечивающий воздушный подрыв заряда в условиях, когда противник создает, например, мощные радиопомехи.

Были сконструированы, испытаны и отлажены:

- уникальные по точности временные устройства, имеющие принципиальное значение для перехвата целей системами ПВО и ПРО;
- несколько поколений автономной системы неконтактного подрыва;
- система, обеспечивающая неоднократное переключение мощности взрыва ядерного заряда на траектории в зависимости от целевой обстановки;
- устойчивые ударные датчики, обеспечивающие быстрое действие подрыва ядерного заряда при встрече с практически любой возможной преградой во всем возможном диапазоне скоростей и углов подхода к цели;
- адаптивная система автоматики подрыва (с использованием микропроцессоров на борту), обеспечивающая подрыв ядерного заряда с максимальной боевой эффективностью у цели.

Конструкции ЯБП и защитных контейнеров для их эксплуатации гарантированно обеспечивают их безопасность в любых, в том числе аварийных, ситуациях. За все время эксплуатации ЯБП, созданных ВНИИЭФ, не было ни одного случая нерегламентированного взрыва или загорания ЯБП.

Эта многогранная, многопрофильная деятельность являлась важнейшей составляющей всего комплекса работ по созданию ядерного щита страны.

#### НАУЧНЫЕ ЛИДЕРЫ РФЯЦ-ВНИИЭФ

Создание ядерного и термоядерного оружия поставило массу новых физических, математических, технологических, конструкторских и инженерных задач различного уровня, начиная от фундаментальных проблем поведения материи в необычных, экстремальных условиях до воплощения в реальных, безопасных и долговечных устройствах совершенно необычных проектов, совмещающих, казалось бы, несовместимые материалы и требования. Поэтому не удивительно, что в РФЯЦ-ВНИИЭФ были созданы научные школы мирового уровня, работа которых связана с деятельностью выдающихся научных лидеров. Приведу только несколько направлений и имен.

Академик А.Д. Сахаров – основатель исследований фундаментальных процессов, связанных с созданием термоядерного оружия. В рамках этого направления у нас сформировалась уникальная научная школа, руководителем которой в течение

многих лет являлся академик Ю.А.Трутнев. Со временем от этой школы “отпочковались” самостоятельные области исследований, научными лидерами которых были член-корреспондент РАН Ю.Н. Бабаев и В.Н. Мохов.

С именем А.Д. Сахарова связано также создание уникальных устройств – взрывомангнитных генераторов, в которых энергия химического взрыва используется для кумуляции магнитного поля и создания мощных импульсов электрического тока. Это направление привело к формированию в РФЯЦ-ВНИИЭФ двух научных школ мирового уровня, неразрывно связанных с именами их лидеров – академика А.И. Павловского и В.К. Чернышева.

Целый ряд направлений физики ядерного взрыва связан с исследованиями выдающегося ученого академика Я.Б. Зельдовича, который заложил теоретические основы изучения гидродинамических и нейтронно-физических процессов, происходящих в ядерных зарядах. С этими направлениями работ связана деятельность таких научных лидеров, как академик В.Н. Михайлов, В.Г. Морозов, В.П. Незнамов.

В РФЯЦ-ВНИИЭФ создан ряд замечательных школ экспериментальной и теоретической гидродинамики, многие выдающиеся работы которых связаны с деятельностью таких научных лидеров, как В.А. Цукерман, Л.В. Альтшулер, С.А. Новиков, А.Г. Иванов и Р.Ф. Трунин. В течение десятилетий работы этих школ консолидировали такие лидеры, как академик Е.А. Негин и Л.М. Тимонин.

В нашем институте широкое развитие получили прикладная математика, создание уникальных программ, рассчитывающих сложнейшие комплексы физических процессов, происходящих в ядерном и термоядерном взрыве, создание новых вычислительных средств и сетей, необходимых для решения этих задач. РФЯЦ-ВНИИЭФ – один из крупнейших вычислительных центров нашей страны на протяжении многих десятилетий. В развитии этой деятельности огромная заслуга лидера этих работ И.Д. Софронова.

В конце 60-х годов по инициативе Ю.Б. Харитона в РФЯЦ-ВНИИЭФ начали проводиться исследования лазерных процессов. Через некоторое время под руководством члена-корреспондента РАН С.Б. Кормера у нас сформировался замечательный коллектив специалистов в этой области. Широко известны его достижения как в создании новых лазеров, так и в исследованиях лазерного термоядерного синтеза на уникальных установках, созданных специалистами института.

Отмечу, что практическая реализация новых идей требовала новых конструкторских и технологических решений. В институте созданы замеча-

тельные конструкторские школы разработки ЯЗ и разработки ЯБП, к которым принадлежат многие талантливые и высокопрофессиональные специалисты. У истоков организации конструкторских работ в КБ-11 стоит крупнейший специалист, трижды Герой Социалистического Труда Н.Л. Духов.

В 1959 г. произошло организационное разделение конструкторской деятельности на два основных направления. Одно из них – конструкторское проектирование и разработка ядерных зарядов – формировалось под руководством таких выдающихся специалистов и организаторов, как академик Е.А. Негин, Д.А. Фишман, С.Н. Воронин. Другое направление – конструкторское проектирование и разработка ядерных боеприпасов – создавалось и развивалось под руководством таких выдающихся специалистов и организаторов, как С.Г. Кочарянц, Ю.В. Мирохин, Г.Н. Дмитриев.

Сейчас коллективами наших конструкторских бюро руководят главные конструкторы Е.Д. Яковлев и Ю.И. Файков, которые много делают в новых условиях XXI века для развития этой важнейшей деятельности РФЯЦ-ВНИИЭФ.

#### РАЗВИТИЕ ЯДЕРНО-ОРУЖЕЙНЫХ РАБОТ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

В настоящее время коллектив РФЯЦ-ВНИИЭФ работает над важнейшими ядерно-оружейными проблемами.

1. Продление сроков гарантии ядерных зарядов и боеприпасов. Эта работа необходима для поддержания на необходимом количественном уровне ядерного арсенала страны, поскольку объем их выпуска в течение последних 15 лет резко сократился. В рамках этой задачи тщательно исследуется возможность расширения эксплуатационных ресурсов.

2. Формирование ограниченной номенклатуры ядерных зарядов и боеприпасов для современного и перспективного боезапаса. По этому направлению выполняется обширная программа, в которую входят разработка и внедрение решений, позволяющих отобрать для пополнения боезапаса ядерные заряды, обладающие определенными качествами. Эти “избранные” заряды и боеприпасы должны обладать:

функциональными свойствами, согласованными с параметрами целей для снижения сопутствующего ущерба;

высокой надежностью и экспериментально подтвержденной устойчивостью характеристик к отклонению от номинальных параметров при изготовлении и эксплуатации;

высоким уровнем ядерной взрывобезопасности;

возможностью адаптации поражающих характеристик к типам целей и величинам промахов.

3. Повышение эксплуатационной безопасности зарядов и боеприпасов и их безопасности при несанкционированных действиях. В институте по данному направлению выполняются широкомаштабные работы следующего содержания:

- изучение и использование современных возможностей повышения характеристик ЯВБ боезапаса ядерных зарядов;
- оснащение ядерных зарядов и боеприпасов дополнительными устройствами и системами, повышающими их безопасность в процессе эксплуатации;
- введение в конструкцию зарядов и боеприпасов дополнительной защиты, повышающей их устойчивость к действию аварийных факторов;
- создание и внедрение защитных контейнеров, обеспечивающих высокий уровень требований при транспортировке и хранении ядерных зарядов и боеприпасов и их узлов;
- создание и внедрение устройств, оборудования и технологий, обеспечивающих возможность об-

ращения с зарядами и боеприпасами при гипотетических авариях.

4. Изучение проблем создания возвратного потенциала ядерных зарядов и ядерных боеприпасов для поддержания ядерного арсенала в обозримой перспективе на должном уровне.

В условиях ограниченных возможностей модернизации ядерных и термоядерных зарядов, определяемых отсутствием натуральных испытаний, ведущие направления развития ядерного оружия будут во многом связаны с совершенствованием ЯБП и систем автоматики, основанных на новых технологических достижениях XXI века.

Реализация этого развития может привести к созданию ядерных вооружений с “интеллектуальными” качествами.

Успешное выполнение работ по всем этим направлениям обеспечит поддержание ядерного арсенала России на высоком качественном уровне, сохранение критических технологий в области создания ядерных зарядов, совершенствование ядерного оружия в соответствии с достижениями научно-технического прогресса – важнейшее условие для обеспечения безопасности нашей страны сегодня и в будущем.