



Измерения параметров ЯЗ в натуральных испытаниях

Ю. Я. НЕФЕДОВ, В. И. СМЕРДОВ, Г. М. СКРИПКА

Введение

Ядерный взрыв — чрезвычайно сложный, ресурсоемкий и дорогостоящий эксперимент. В его подготовке и проведении участвуют тысячи специалистов и, естественно, что измеренные результаты эксперимента — это конечный итог всей многоплановой деятельности большого коллектива.

Измерения при ядерном взрыве позволяют получать информацию о режиме работы ЯЗ, подтверждать правильность выбранной расчетно-конструкторской схемы, уточнять механизмы и уровни воздействия поражающих факторов ЯВ на различные объекты военного и гражданского назначений, осуществлять выбор необходимых средств защиты.

Перечисленные факторы указывают на исключительную важность «физических наблюдений» при испытании уже первых ЯЗ, т. е. регистрации параметров испытуемого образца изделия, стремления получить максимальную информацию по исследуемым явлениям, минимизировать погрешности измерений, обеспечить высокую степень надежности и доверия измерениям (хорошо бы измерять параметры хотя бы двумя способами, основанными на разных физических принципах).

Определение параметров ЯЗ предполагает предложение, отработку, освоение и реализацию множества диагностических методов: способы регистрации параметров излучений ЯВ (оптического, теплового, гамма-нейтронного, электромагнитного), измерение параметров ударной и сейсмических волн, радиохимический

анализ продуктов взрыва, выявление характера и величины отклика конструкций и материалов на воздействие поражающих факторов ЯВ (деградация функциональных характеристик, структурные изменения вещества и др.).

Надо ли говорить, о зависимости измерительных методик от редакции экспериментов (наземные или воздушные взрывы, испытания в скважинах или штольнях). Различные редакции испытаний объясняют изменения отношений к различным методам измерений. Так, например, в первых наземных и воздушных опытах энерговыделение заряда определялось следующими основными методами: методом «огненного шара» — по размерам и температуре огненного шара (полушария для наземных опытов), по измерениям параметров ударной волны (УВ) и на основе радиохимического анализа проб из радиоактивного облака. С изменением редакций испытаний все более заметно стала возрастать роль физических методов оценки характеристик специзделий по результатам регистрации ионизирующих излучений.

Аппаратурно-методическое обеспечение и проведение физических измерений при испытаниях ЯЗ было ключевой задачей создания физического сектора в КБ-11.

Измерения при испытании первых ядерных зарядов СССР

При испытании РДС-1 перед измерителями (в основном, военные и привлекаемые сотрудники из институтов АН СССР) ставились задачи:

- получить данные для оценки КПД изделия (использовались методы оптического наблюдения огненного шара, измерения тепловых, нейтронных потоков, гамма-излучения, параметров УВ);
- оценить поражающие и разрушающие действия взрыва.

Задачи измерений при испытании РДС-2:

- изучить физическую картину «явления взрыва» изделия;
- получить исходные данные для определения КПД изделия;
- обеспечить измерение интенсивности гамма-излучения и потока нейтронов во времени на разных расстояниях от центра;
- исследовать поток светового излучения при взрыве изделия;
- произвести наблюдения УВ;
- обеспечить безотказную работу автоматики поля.

Группа обеспечения измерений: офицеров – 43, солдат и сержантов – 30, гражданских лиц – 26.

РДС-1 и РДС-2 испытывались на башне (наземные испытания), от которой после взрыва ничего не осталось.

Устояли только «гуси», на которых крепилась регистрирующая аппаратура («гусиный клин» еще долго сохранялся на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП)). Опыты прошли успешно, необходимая информация была получена.

Особенности диагностики при испытании РДС-3 были обусловлены тем, что это было первое воздушное испытание (сброс изделия с самолета на парашюте): неопределенность координат места взрыва; сложность синхронизации регистрирующей аппаратуры с временем подрыва изделия. Специалисты КБ-11 осуществляли контроль и сборку нейтронного запала («НЗ»), установку в изделие, измерение нейтронного фона, проводили физические измерения (ФИ) при снаряжении «тяжелого топлива» (делящегося вещества).

Руководителем ФИ от КБ-11 в первом опыте был Г. Н. Флевров, во втором – В. Ю. Гаврилов.

ИСПЫТАНИЕ РДС-6с

Ключевой вехой в становлении физического сектора как ведущего подразделения в разработке методов и проведении

ядерно-физических исследований процессов, сопровождающих ЯВ, является подготовка и испытание первого термоядерного заряда СССР РДС-6с – так называемой «слойки» А. Д. Сахарова (12.08.1953, СИП).

Составной частью подготовки испытаний был план (утвержден в феврале 1953 г.) научно-исследовательских работ по ядерной физике, включающий:

- изучение реакций $p(n,2n)H$ для энергий 14 МэВ (сечения и угловое распределение);
- определение эффективных сечений захвата нейтронов различных энергий ядрами U-238 и Th-232;
- определение числа вторичных нейтронов, образующихся при захвате 14 МэВ нейтронов ядрами U-235 и Pu-239;
- определение числа делений и числа захватов в толстой оболочке U-238 для нейтронов спектра деления;
- изучение спектра нейтронов после прохождения 14 МэВ нейтронов через слои активных веществ и др.

Ответственные руководители исследований – В. А. Давиденко и Ю. С. Замятнин.

В лабораторных экспериментах в максимальной степени моделировалась физическая схема «слойки».

Ю. А. Зысин руководил модельными измерениями на генераторе ДТ-нейтронов. Измерения активности индикаторов и выходы осколков проводились А. А. Лбовым, Л. И. Сельченковым и др.

Измерения элементарных нейтронных констант и спектров нейтронов осуществлялись



Результаты испытания РДС-1: а, б – до опыта; в, г – после опыта



Г. Н. Флеров



В. Ю. Гаврилов



А. И. Веретенников



В. А. Давиденко



Ю. С. Замятин



Д. П. Ширшов



Ю. К. Пужляков



Е. Ф. Вырский

под руководством Ю. С. Замятнина. Работы на критмассовых сборках проводились на специальном стенде.

Особое внимание уделялось изучению специфики работы заряда РДС-6с – термоядерному горению. Были применены новые методы определения параметров термоядерной реакции, в первую очередь – методы измерения потоков и полного числа ДТ-нейтронов, изучения кинетики термоядерной реакции по изменению во времени потоков нейтронного (14 МэВ) и гамма-излучения.

Потоки ДТ-нейтронов определялись пороговыми радиоактивными индикаторами. С помощью вновь разработанных детекторов и скоростных осциллографов получали данные о кинетике термоядерной реакции.

Опыт прошел успешно. Радиохимический анализ проб показал, что взрыв был термоядерным. Мощность составила 400 ± 50 кт.

По воспоминаниям участника испытаний А. И. Веретенникова: «...Следов от подземных сооружений в ближней зоне и установленного в них уникального оборудования не осталось».

По результатам испытаний многие сотрудники физического сектора были представлены к правительственным наградам и присвоению звания лауреатов Сталинских премий разной степени.

Можно сказать, что к 1953 г. фактически сложился диагностический комплекс для воздушных испытаний, который в общей сложности обеспечил измерения 32 наземных и 177 воздушных взрывов ядерных и термоядерных зарядов в диапазоне мощности от единиц до многих сотен килотонн в тротиловом эквиваленте.

Роль радиохимии при испытании ЯЗ.

При испытании РДС-6с в полной мере проявилась роль радиохимии в определении параметров взрыва, в первую

очередь – реализовавшегося энерговыделения. В опыте участвовала большая группа специалистов РИАН. Сотрудники физического сектора также принимали участие в подготовке и проведении радиохимических измерений, в основном, в лабораторных экспериментах.

При подготовке к испытанию РДС-6с потребовалось провести лабораторные исследования по изучению сечений ядерных реакций, измерению выхода осколков деления U-233, U-235, U-238 ДТ-нейтронами и нейтронами деления, разработке методов идентификации радиоактивных изотопов, проведению калибровочных экспериментов.

Радиохимические исследования начинались еще в лаборатории В. А. Александровича, где занимались разработкой технологий изготовления нейтронных источников. А радиохимический отдел, как специализированная структура, в секторе появился в декабре 1952 г. Руководитель отдела – «прикомандированный» сотрудник РИАН – В. Н. Ушатский.

Непосредственно специалистами радиохимического отдела были разработаны и практически использовались на полигонах методики определения энерговыделения и числа актов деления по радиоактивным продуктам взрыва:

– комплекс методик «РХ»;

– методики, основанные на анализе газообразных продуктов взрыва.

Последние методики имели модификации, предназначенные для применения при испытаниях в скважине.

Роль радиохимического отдела существенно возросла

при переходе к подземным испытаниям. Появились новые задачи, новые условия, потребовались оригинальные научные и инженерно-технические решения.

Тесный контакт теоретиков и экспериментаторов значительно повышал эффективность взаимодействия, степень проработки постановки экспериментов, сокращал сроки разработки методов и технологий. Созданные в РХО пробоотборные технологии позволили брать радиоактивные пробы для анализа из котловой полости взрыва.

Новизна решений, предложенных сотрудниками радиохимического направления, значимость полученных результатов были отмечены высокими правительственными наградами. Среди них Ленинская премия 1959 г. (В. А. Александрович, И. А. Тищенко, Ю. К. Пужляков), Сталинские премии 1951 и 1953 г. (А. А. Лбов, Ю. К. Пужляков, И. А. Тищенко, М. В. Дмитриев, П. А. Ярытик), Государственные премии 1985 г. (А. А. Лбов, С. П. Весновский, А. А. Дружинин, Н. П. Мартынов) и 1994 г. (Ю. И. Чубаров), премия Правительства РФ 1999 г. (В. Я. Семенов).

Начальниками радиохимического отдела (численность отдела достигала 180 человек) были: В. Н. Ушатский (1952–1954 гг.), И. С. Ки-



Ю. А. Зысин



А. А. Лбов



А. А. Малинкин



Б. Д. Сциборский

рин (1954–1959 гг.), А. А. Лбов (1959–1963 гг. и 1973–1984 гг.), А. И. Павлова-Веревкина (1963–1973 гг.), С. П. Весновский (1985–1997 гг.), Л. Д. Данилин (1998–2002 гг.), А. А. Крыжановский (2002 г.–н/в).

Испытания первого двухступенчатого заряда

Испытание первого двухступенчатого термоядерного заряда РДС-37 было проведено 22 ноября 1955 г. При испытании изделия осуществлялся стандартный, сложившийся к тому времени объем измерений. Испытание прошло успешно, энерговыделение составило 1,6 Мт. Дальнейшая разработка термоядерных зарядов велась на принципах, заложенных в РДС-37. Испытания позволили завершить отработку ряда перспективных изделий, существенно уменьшить разрыв в ядерных потенциалах СССР и США.

Подземные испытания. Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний в трех средах (ДВЗЯИ) – атмосфере, космосе, под водой – кардинально изменил подход к ФИ параметров ЯЗ. Постановка измерений при испытании под землей существенно отличается от атмосферного испытания.

В предложении по постановке ФИ в первом подземном испытании (1959 г. – Е. К. Бонюш-

Первые сотрудники отдела



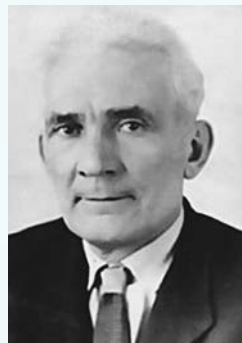
В. Р. Негина



М. В. Дмитриев



Н. П. Мартынов



И. С. Кирин



Э. А. Евтерева (Козырева)



И. А. Тищенко



П. А. Ярытик



А. А. Дружинин



Ю. И. Чубаров



В. Я. Семенов

кин, В. М. Горбачев, А. А. Лбов, И. Ш. Модель, Ю. А. Спехов, О. К. Сурский, В. А. Цукерман, А. И. Веретенников) сформулированы технические требования на проектирование штольни, а также определены направления развития ФИ при подземных испытаниях.

В первом подземном опыте в штольне (1961 г.) основными задачами были:

- измерение характеристик нейтронного и гамма-излучений;
- измерение кинетики ядерных реакций и характеристик блоков автоматики изделий;
- исследование волны сжатия и сейсмических волн взрыва с целью разработки методов определения полной энергии взрыва.

Первый подземный взрыв в скважине был проведен 15.01.1965 г. (р. Чаган, Казахская ССР) в интересах народного хозяйства. Подземные испытания по оружейной тематике начались с 1967 г. Считалось, что скважинный вариант испытаний более дешевый и экологически безопасный.

Первая разработка схемы ФИ при испытании ЯЗ в скважине была проведена под руководством А. И. Веретенникова. Для размещения ЯЗ и детекторов физических измерений были разработаны контейнеры – зарядный и приборный, которые должны были обеспечить работоспособ-

ность аппаратуры в условиях высоких гидростатических нагрузок.

Наряду с измерениями, в которых использовались приборные контейнеры, В. М. Горбачевым, Н. А. Уваровым, В. Н. Кудрей, А. Л. Соколовым были разработаны детекторы, которые могли работать, находясь непосредственно в забивке скважины – датчики-«водолазы», как их стали называть в дальнейшем.

В 1974 г. в полигонном отделе сектора 4 была создана специальная лаборатория (начальник – Н. А. Уваров) для обеспечения ФИ в скважинах.

Методы физических измерений параметров ЯЗ

Если в первых воздушных испытаниях ФИ проводились в основном институтами АН СССР (ИХФ, ГОИ, РИАН СССР и др.), то со второй половины 1950-х гг. эта задача постепенно перемещается на специалистов КБ-11.

За разработку и применение новых методов исследования параметров ЯЗ в воздушных испытаниях Ленинская премия за 1962 г. была присуждена Е. К. Бонюшкину, А. И. Веретенникову, В. М. Горбачеву, Ю. С. Замятнину, Ю. А. Спехову, Ю. М. Стяжкину, О. К. Сурскому, Н. А. Уварову.

В 1983 г. за разработку метода пространственных гамма-нейтронных изображений в различных модификациях удостоены Государственной



С. П. Весновский



Л. Д. Данилин



А. А. Крыжановский



В. М. Горбачев



А. И. Павлова-Веревкина



Радиохимический комплекс сектора 4

премии В. Л. Гладченко, В. М. Горбачев, В. Н. Королев, Б. А. Никитенко, А. И. Павловский.

Физопыты. Большое значение в работах ВНИИЭФ имели межведомственные физические облучательные опыты. Это были масштабные эксперименты по определению стойкости образцов вооружения и военной техники к поражающему действию ядерного взрыва. Во ВНИИЭФ идеологами и организаторами этих опытов являлись Ю. А. Трутнев, В. Н. Родигин, А. К. Чернышев.

В физическом секторе коллективу, возглавляемому В. А. Цукерманом, а затем Н. Г. Макеевым, удалось выполнить технически сложную задачу создания условий для вывода нужной части спектра излучений ЯВ на облучательные позиции (И. Ш. Модель, А. А. Разин, А. П. Зыков, Н. И. Орлов и др.).

В 2022 г. исполняется 55 лет полигонному отделу ИЯРФ.

За свою историю отдел полигонных физических измерений обеспечил сложные измерения и исследования при полномасштабных испытаниях сотен ЯЗ. Это большой, тяжелый, героический и благородный труд.

Сотрудниками отдела защищено 6 докторских и 25 кандидатских диссертаций.

В настоящее время, в условиях ДВЗЯИ, специалисты отдела с той же активностью участвуют в отработке новых технологий проверки надежности и безопасности составных частей ЯЗ.

В отделе работали 5 лауреатов Ленинской премии, 2 сотрудника, ранее удостоенные Сталинской премии; 5 человек удостоены высокого звания лауреата Государственной премии СССР, 2 сотрудника стали лауреатами премии Правительства РФ. Многие сотрудники отдела отмечены государственными наградами, ведомственными знаками отличия.



И. Ш. Модель



Ю. А. Спехов



О. К. Сурский

В настоящее время работы по физическим измерениям при проведении неядерных физических экспериментов ведутся под руководством Н. В. Завьялова, С. В. Воронцова, Ю. Я. Нефедова, В. И. Смердова, А. В. Калущкого.

Достигнутые отделом успехи, награды, звания получены благодаря усилиям большого количества ветеранов и ныне работающих специалистов различного возраста, различного профессионального и социального статуса, часто благодаря результатам, полученным в нелегких экспедиционных условиях. В эти юбилейные дни необходимо отдать дань уважения первопроходцам – испытателям ЯЗ, тем, кто стоял у истоков направления, которое называется «физические измерения параметров ЯЗ при их натурных испытаниях». Пожелать продолжателям славных традиций – достойно нести высоко поднятое знамя, развивать и совершенствовать ядерно-физические методы исследования.

НЕФЕДОВ Юрий Яковлевич –

доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник

СМЕРДОВ Вячеслав Иванович –

кандидат физ.-мат. наук,
начальник научно-исследовательского отделения

СКРИПКА Георгий Михайлович –

кандидат техн. наук, ведущий научный сотрудник