

Гидроядерные эксперименты в СССР. Метод НЦР

С. Ф. МАНАЧКИН, В. А. РАЕВСКИЙ, Н. Б. ДАВЫДОВ, АЛ. А. ДЕМИДОВ

Метод невзрывных цепных реакций (НЦР) для исследования сжимаемости делящихся материалов был разработан и многие годы развивался прежде всего в ИФВ (секторе 3) РФЯЦ-ВНИИЭФ. В проведении исследований с помощью этого метода принимали участие практически все основные подразделения нашего ядерного центра. В США эксперименты, проводимые подобным методом, получили название гидроядерных экспериментов.

Рождение этого метода и его развитие связаны с личностью Юрия Михайловича Стяжкина, доктора физ.-мат. наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, лауреата Ленинской и Государственной премий. Статья о Ю. М. Стяжкине «Талантливый ученик Альтшулера» опубликована в журнале «АТОМ» № 59 (2013).

Ю. М. Стяжкин прибыл на работу в КБ-11 в 1956 г., отслужив в армии и окончив Московский авиационный институт (МАИ) с красным дипломом. Он попал в отдел газодинамического сектора 3, которым руководил Л. В. Альтшулер. Отдел занимался экспериментальными исследованиями, связанными с разработкой уравнений состояния (УРС) различных материалов, в том числе и ядерно-активных. Знание УРС необходимо для проведения расчетов работы ядерных зарядов и прогнозирования величины их ядерного энерговыделения.

Основная трудность в изучении УРС активных материалов заключается в том, что уже на ранней стадии работы ядерного заряда эти материалы попадают в экстремальные условия, характеризующиеся величинами давлений в десятки миллионов атмосфер и сжатиями в несколько раз. Получить такие условия можно было только в устройствах, близких по газодинамическим параметрам к ядерным зарядам. Естественно, были попытки получить необходимые для построения УРС данные из анализа результатов ядерных испытаний. Однако такой анализ показал, что погрешность получаемых таким образом данных слишком велика.

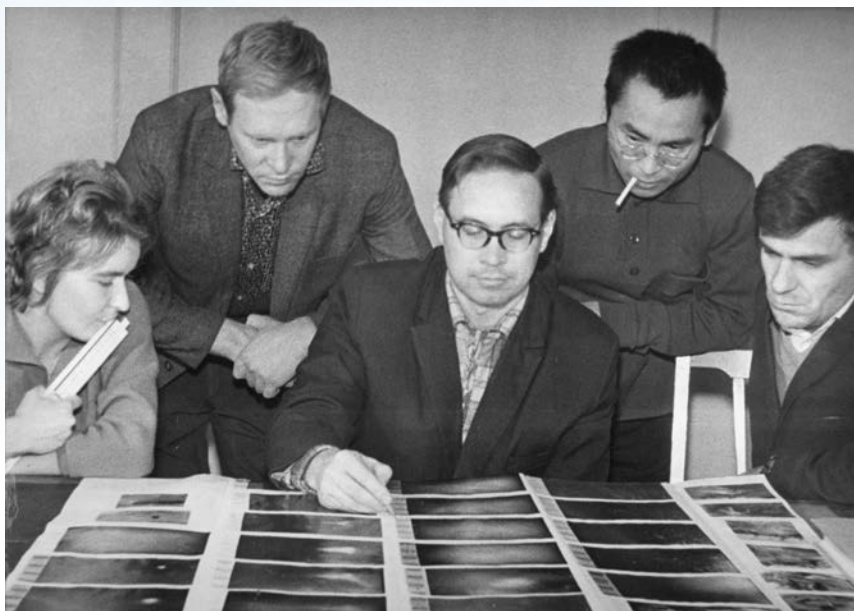
Л. В. Альтшулер поручил молодому специалисту Ю. М. Стяжкину найти режим ядерного энерговыделения, по величине которого можно было бы определить данные для УРС более точно. Уже было известно, что более высокую точность обеспечивают так называемые «взрывы малой надкритичности». Хотя в те времена мощности ЭВМ были невелики, и нельзя было провести достаточно большое количество необходимых численных расчетов, Ю. М. Стяжкину удалось заметить, что существует режим, когда без осуществления ядерного взрыва можно измерить характеристику, позволяющую с максимальной точностью судить об УРС делящегося материала. Своими соображениями Ю. М. Стяжкин поделился с Л. В. Альтшулером. Предложение дошло до Я. Б. Зельдовича, который сразу же понял его ценность и поддержал. Обоснование метода НЦР выполнено в 1957 г., а уже в 1958 г. были проведены первые эксперименты.

Точность метода НЦР характеризуется следующим соотношением: при изменении средней максимальной плотности делящегося материала на 1 %, измеряемая величина – число нейтронов, выходящих с поверхности экспериментального устройства, может измениться в 100 раз. Нужно подчеркнуть, что метод НЦР не позволяет получить прямые данные об уравнении состояния делящегося материала. УРС – это связь между тремя термодинамическими величинами, например, плотностью, давлением и внутренней энергией вещества. Измеряемое в методе НЦР число нейтронов является интегральной величиной процесса, включающего в себя передачу энергии от взрывчатого вещества оболочкам заряда, сжатие делящегося материала и других оболочек, инициирование и развитие цепной реакции деления. Необходимейшей составной частью анализа и интерпретации результатов эксперимента является расчетное численное моделирование эксперимента, позволяющее сделать вывод о том, нуждается ли используемое в расчетах УРС делящегося материала в корректиров-

ке. После анализа результатов первых же опытов НЦР выяснилось, что использовавшиеся в то время УРС необходимо поправить на величину до 15 % по плотности. Новые уравнения состояния, позволяющие описать свойства делящихся материалов до сжатий в 3–4 раза и до давлений в сотни мегабар, были разработаны в группе Ю. М. Стяжкина под его непосредственным руководством и активном участии. Этим уравнениям состояния был присвоен шифр «ОСА» по фамилиям их разработчиков – Огнев, Стяжкин, Альтшулер. В последующие годы эти УРСы неоднократно корректировались при появлении новых экспериментальных данных, совершенствовалась форма применяемых уравнений для расширения диапазона применимости УРС, но эти изменения были уже значительно менее радикальны. До сих пор все разрабатываемые новые модификации УРС проходят обязательную проверку достоверности путем описания с их помощью результатов опытов НЦР.

В подготовке, проведении и последующем анализе опытов НЦР принимало участие много сотрудников различных подразделений ВНИИЭФ. Это – сотрудники конструкторского подразделения, разрабатывавшие конструкции экспериментальных устройств, сотрудники испытательного подразделения, готовившие полигонные опыты, сотрудники подразделений, связанных с регистрацией характеристик работы устройств НЦР, разработавшие новые методики регистрации в ранее не использовавшихся диапазонах, теоретики и математики, принимавшие участие в интерпретации результатов экспериментов и в обосновании схем новых опытов. Однако руководство и координация деятельности большого коллектива представителей различных организаций все годы осуществлялись лично Ю. М. Стяжкиным и его сотрудниками, работавшими в секторе 3 КБ-11.

В 1960-х гг. было проведено около 50 опытов НЦР не только по исследованию УРС делящихся материалов, но и по исследованию различных процессов, протекающих при работе ядерных зарядов, например, изучению одного из вопросов о влиянии асимметрии на надкритичность по-



Группа Ю. М. Стяжкина: В. Н. Володина, А. А. Губкин, Ю. М. Стяжкин, А. Б. Сельверов, Б. Л. Глушак, 1965 г.

священа диссертация ближайшего сотрудника Ю. М. Стяжкина – А. Б. Сельверова.

На фотографии, сделанной в 1965 г., в самый разгар проведения опытов НЦР по исследованию УРС делящихся материалов, – Ю. М. Стяжкин и сотрудники его группы за изучением результатов опыта.

В начале 1970-х гг. произошло качественное развитие метода НЦР. Возникла идея использовать заряд НЦР в качестве импульсного источника излучений для различных приложений. Появились новые сложные задачи, для решения которых в группу, впоследствии и отдел, образованный в апреле 1980 г. под руководством Ю. М. Стяжкина (ныне научно-теоретический отдел ИФВ), набирались новые кадры.

Необходимо было разрабатывать новые физические схемы устройств-облучателей, работавших на принципе метода НЦР, которые бы обеспечивали требуемые характеристики импульсов излучений. Требовалось создать оригинальные защитные устройства для предохранения облучаемых образцов от воздействия разлетающихся продуктов взрыва и осколков облучателя. Высокая чувствительность метода НЦР к сжатиям делящихся материалов превратилась в недостаток, так как для заказчиков необходимо было обеспечивать интенсивность излучений в определенных рамках. Стабилизация работы облучателей потребовала значительных технических и организационных усилий. Допуски на размеры, массы, состав деталей облучателей

были ужесточены до пределов возможностей производства. Были разработаны меры для повышения точности измерения этих параметров для изготовленных деталей. Отличия измеренных параметров от номинальных учитывались расчетным образом, и их суммарное влияние компенсировалось различными способами. При подготовке и проведении полигонных испытаний сотрудникам пришлось контролировать не только измерения параметров облучателя, но и измерения характеристик импульсов излучений в местах расположения исследуемых объектов, а также следить, чтобы различные системы измерений многочисленных участников экспериментов не влияли друг на друга.

В работах по подготовке и проведению облучательных экспериментов принимали участие практически все основные отделы ИФВ. Разработка новых облучателей потребовала проведения исследований газодинамики их работы. В этих исследованиях использовались, кроме стандартных, также и новые методики, находящиеся в процессе разработки. Отделы, занимающиеся вопросами прочности и разрушения конструкций, принимали активнейшее участие в разработке защитных устройств.



Сотрудники лаборатории Ю. М. Стяжкина (не все): стоят – В. А. Раевский, А. Б. Сельверов, С. Ф. Маначкин, Е. Я. Юрин, Н. Б. Давыдов, сидят – Ю. М. Стяжкин, В. Н. Володина, И. И. Евсиков, В. А. Абрамович, В. С. Степанюк, 1979 г.

Необходимо отметить постоянное доброжелательное отношение и готовность помочь со стороны руководства. Работники нашего Главка Минсредмаша помогали во взаимодействии с другими министерствами. Например, изготовление одного из защитных устройств потребовало усилий предприятий трех различных министерств. Когда для завода ВНИИЭФ потребовались поковки большого размера из высококачественной стали, Б. Г. Музруков (тогда директор ВНИИЭФ) позвонил на Уралмаш, и поковки были изготовлены и в кратчайшие сроки поставлены на наш завод. Однажды, при изготовлении облучателя случайно были испорчены детали из делящегося материала (и такое было). Главный конструктор Е. А. Негин позвонил директору комбината, и в течение двух недель были изготовлены и доставлены на сборку новые детали. За это токарю комбината было предоставлено право покупки автомобиля «Жигули» из лимитов, выделенных для ВНИИЭФ.

Перечислить поименно всех (даже основных) сотрудников, принимавших участие в многолетних работах по методу НЦР, не представляется возможным. По-видимому, объем такого списка был бы сравним с объемом данной статьи. Основная тяжесть организации и координации деятельности больших коллективов – участников данных работ лежала на плечах Ю. М. Стяжкина.

На фотографии 1984 г. представлены сотрудники отдела Ю. М. Стяжкина. Это время можно назвать, пожалуй, периодом наивысшего творческого расцвета коллектива. (Фотография выполнена по случаю победы отдела в соцсоревновании после проведения важного облучательного полигонного эксперимента). Так как Ю. М. Стяжкин многие годы исполнял обязанности ученого секретаря ВНИИЭФ, то на снимке присутствуют и сотрудники отдела ученого секретаря (ОУС), которые принимали активнейшее участие в общественной жизни отдела и способствовали поддержанию прекрасного психологического климата на производстве.



Сотрудники отдела Ю. М. Стяжкина: стоят – А. Б. Сельверов, В. А. Раевский, Н. Б. Давыдов, В. П. Манжула, С. Ф. Маначкин, В. С. Степанюк, В. Д. Макаров, Ал. А. Демидов, Л. Ф. Гударенко, Е. Я. Юрин, Н. Н. Суворов, сидят – Б. Л. Глушак, В. А. Хоруженко, В. А. Абрамович, Ю. М. Стяжкин, Т. П. Карасева, В. Н. Володина, В. В. Белова, 1984 г.

За работы, связанные с получением важных результатов в исследованиях методом НЦР, были отмечены сотрудники ИФВ: Ленинской премией в 1962 г. – Ю. М. Стяжкин; Государственной премией СССР в 1969 г. – А. Б. Сельверов, в 1977 г. – Ю. М. Стяжкин, Е. Я. Юрин, в 1985 г. – А. Г. Иванов, С. Ф. Маначкин, В. С. Степанюк, В. И. Цыпкин; премией Правительства РФ в 1997 г. – Н. Б. Давыдов; Государственной премией им. Маршала Советского Союза Г. К. Жукова в 2002 г. – Л. М. Тимонин.

После заключения Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (1990 г.) дальнейшее проведение облучательных экспериментов стало невозможным. Всего к 1990 г. было проведено около 90 опытов НЦР. Сотрудники теоретического отдела ИФВ постепенно перешли к решению других важных задач.

Огромная база экспериментальных данных, полученных в исследованиях методом НЦР, и сейчас используется для проверки правильности новых модификаций УРС делящихся материа-

лов и методов численного моделирования работы ядерных зарядов. Многие идеи, развитые в исследованиях методом НЦР, используются при проведении современных экспериментов.

Период активной работы по осуществлению исследований методом НЦР останется одной из самых ярких страниц в деятельности ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ.

МАНАЧКИН Сергей Федорович – старший научный сотрудник ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ, лауреат Государственной премии СССР

РАЕВСКИЙ Виктор Алексеевич – заместитель директора ИФВ по НИР, начальник отделения ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ, доктор физико-математических наук

ДАВЫДОВ Николай Борисович – начальник лаборатории ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ, лауреат премии Правительства РФ

ДЕМИДОВ Алексей Александрович – старший научный сотрудник ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ