

«Научное наследие В.Е. Фортова»

Эдуард Евгеньевич Сон,

академик РАН,

Председатель Национального комитета по теплофизическим свойствам веществ.

Доклад на заседании Президиума РАН 26.01.2021 посвященного 75-летию академика, Президента РАН В.Е. Фортова

Глубокоуважаемые Александр Михайлович,
Татьяна Николаевна и Светлана Владимировна!

Благодарю Вас за оказанную честь — сделать обзорный доклад о научной деятельности Владимира Евгеньевича. В Черноголовке, в которой он прожил много лет и имел много друзей, в юбилейный День его рождения 23 января была организована неформальная встреча. Там мне запомнилась речь Роальда Зиннуровича Сагдеева, который участвовал в заседании по видеосвязи из Америки, он сказал, «...сейчас уже 4 часа утра, я всю ночь не спал и вспоминал о Владимире Евгеньевиче». Он сказал, что Владимир Евгеньевич в науке — это глыба, которую мы до сих пор не можем полностью осознать. Об этом мне и хотелось сказать.

Доклад я делаю именно потому, что в 1962-м году и Володя Фортов, и я поступили на Физтех — т.е. в следующем году будет 60 лет нашего поступления — до последних дней мы работали вместе и поэтому мне казалось, что я достаточно много знаю из личных с ним бесед и выполненных работ. Доклад подготовлен с соавторами — они предоставили дополнительные материалы.

Владимир Евгеньевич родился в послевоенное время, в 1946 году — он был мальчиком любознательным, неумным, его воспитывала бабушка, отец был военный лётчик. Родился он в городе Ногинске, там было место, куда привозили самолёты после аварий, на которых было довольно много разных приборов, и он там проводил много времени. Бабушка из опасения как-то сказала, что не дай Бог, что-нибудь случится, нужно его пораньше отправить в школу. Поэтому он в 6 лет поступает в школу, соответственно, заканчивает в 16 лет.

Знаменательно, что в 1946-м, когда родился Владимир Евгеньевич, был создан и Московский физико-технический институт. В 1962 году Фортов поступает в МФТИ. Разумеется, за 16 лет МФТИ набрал силу, в нём преподавали самые лучшие учёные — члены Академии наук СССР. Нагрузка студентов была очень большой, например, объем часов по математике составлял 1000 часов учебной нагрузки, объем по физике составлял 1000 часов и примерно 1000 часов занимал английский язык, информатика и другие предметы. И это продолжалось в течение трех лет. Кстати, в субботу на этой встрече в Черноголовке выступил один из многих выдающихся преподавателей, который учил нас теоретической физике — академик Семен Соломонович Герштейн.

После трёх курсов института мы поступили на аэромеханический факультет, сейчас это называется «Школа аэрокосмических технологий МФТИ». Когда возник вопрос, чем заниматься дальше — мы выбрали «Центр им. М.В. Келдыша», тогда он назывался «НИИ-1» или «НИИ тепловых процессов». Почему? В послевоенные годы — с 1946 и по 1964 год — здесь активно развивалась та наука, достижения которой это — первое испытание атомной бомбы (1949-й), первое испытание водородной бомбы (1954-й), запуск первого спутника (1957-й), полёт Гагарина (1961-й). Поэтому тематика, связанная с космическими исследованиями, несомненно, была перспективной.

В 1956 году Игорь Васильевич Курчатов сделал в Харуэлле (Англия) доклад о том, как в СССР развиваются исследования по мирному атому и управляемому термоядерному синтезу, и доклад этот имел эффект взорвавшейся бомбы — не меньше, чем от запуска первого русского спутника. Поэтому, когда в Центре Келдыша появился человек, который решил объединить два направления — аэрокосмическое и атомное — и создать ядерный ракетный двигатель, к нему устремились студенты и молодые специалисты. Это — Виталий Михайлович Иевлев, очень талантливый ученый, ему тогда было 38 лет, но он уже был членом-корреспондентом Академии наук СССР. В.М. Иевлев стал набирать группу студентов для работы в этом проекте — так мы попали к В.М. Иевлеву.

Идея создания ядерного ракетного двигателя была доложена руководству Академии наук и Курчатовского института. И.В. Курчатов, президент АН СССР Мстислав Всеволодович Келдыш и будущий президент Академии наук Анатолий Петрович Александров благословили В.М. Иевлева заниматься ядерным ракетным двигателем. Знали ли они тогда, что пожимают руку человеку, ученик которого — В.Е. Фортов — станет президентом РАН?



Встреча И.В. Курчатова, М.В. Келдыша, А.П.Александрова с В.М. Иевлевым

Владимиру Фортову была предложена тематика, связанная с ядерной энергией в космосе — идея эта до сих пор является наиболее перспективным направлением в космосе: последнее Постановление о развитии ядерной энергии в космосе было подписано в позапрошлом году Президентом нашей страны, эта программа выполняется в настоящее время, и Академия наук принимает в ней активное участие.



С Эдвардом Теллером — американским физиком-теоретиком, широко известным как «отец водородной бомбы».

В результате проведенных работ были созданы прототипы устройств и испытаны на Семипалатинском полигоне. Газофазный ядерный реактор включает внутри себя струю ядерного топлива, которая окружена водородом, поскольку должен быть высокий удельный импульс, а температура струи внутри достигала 50-70 тысяч градусов внутри и давление до 1000 атмосфер. В этом состоянии вещество находится в состоянии неидеальной плазмы — состоянии, в котором вещество представляет систему многих частиц, взаимодействие между которыми настолько существенно, что эту проблему многих тел невозможно решить теоретически, т.к. в ней нет малого параметра. Интересно, что аналогичный проект развивался тогда и в Америке и разработчики этой тематики в США (одного вы знаете — это бывший президент Сколтеха Эдвард Кроули), написали в книге о В.М. Иевлеве; в частности, там отмечено, что успехи Советского Союза в этом проекте были гораздо больше, чем в Америке потому, что в СССР была решена проблема теплофизических свойств веществ, которой занимался В.Е. Фортов.

Итак, эта тематика была предложена студенту 4-го курса Фортову. Они вдвоем с Борисом Николаевичем Ломакиным создают экспериментальную установку,

которая была и остается уникальной — такой установки в мире нет, их было создано всего две: одна в Центре Келдыша, а вторая уже потом — на кафедре физической механики МФТИ, где В.Е. Фортов учился в аспирантуре; эта установка существует и сейчас («Труба Фортова») и используется в научных исследованиях.

Идея состояла в следующем: для получения уравнения состояния неидеальной плазмы, нужно было использовать вещество с низким потенциалом ионизации, самый низкий в таблице Менделеева — у цезия, а для того, чтобы иметь насыщенный пар цезия в рабочей камере ударной трубы, необходимо было создать подогреваемую ударную трубу, которую мы называли «шашлычница». В экспериментах на ударной трубе были использованы динамические методы. Для получения уравнения состояния необходимо было измерять плотность, для этого использовалось поглощение рентгеновского излучения на атомах и молекулах цезия.

Далее возникла проблема, известная как проблема Ферми-Зельдовича — она связана с тем, что в экспериментах определяется калорическое уравнение состояния, т.е. зависимость энтальпии от давления и плотности, а требуется также знать и температуру. Решению этой задачи совместно с экспериментальными исследованиями, была посвящена кандидатская диссертация. Сама тематика — теплофизика неидеальной плазмы — легла в основу его научной деятельности. Таким образом, ему и всем нам повезло, что, начиная со своей первой научной работы, В.Е. Фортов окунулся в ту проблему, которой занимался до последних дней. Работы по неидеальной плазме выполнялись В.Е. Фортвым в Центре Келдыша, потом в Московском физико-техническом институте, затем в Институте проблем химической физики, Объединенном институте высоких температур РАН, потом во ВНИИЭФ (Саров) и в других организациях.



William J. Nellis и В.Фортв — вручение премии Дюваля.

В те годы было модно рисовать состояния вещества на фазовой диаграмме, где по одной оси — температура, а по другой — концентрации заряженных частиц. Диаграмма 1980-го года была почти полностью покрыта белыми пятнами, то есть неизведанными областями, а за 40 лет с 1980 года по 2020 год эта диаграмма практически полностью перестала иметь белые пятна благодаря работам Владимира Евгеньевича и его сотрудников.

Из его последних работ по неидеальной плазме приведу только эксперимент, который докладывался на последнем заседании Общего собрания Академии наук в совместном докладе Владимира Евгеньевича и академиков Р.И. Илькаева и Б.Ю. Шаркова, докладывал Б.Ю. Шарков. Здесь, фактически то же самое, но с использованием взрывчатки — сжатие вещества (водорода, дейтерия) осуществляется несколькими десятками килограммов взрывчатки, и создаются уникальные параметры. Надо сказать, что создание высоких давлений —

это проблема была вообще основной при создании атомного оружия и, например, в создававшейся атомной бомбе давление составляло 1 миллион атмосфер. Сжатие вещества нужно было осуществить, сохраняя его симметричность, поскольку развивается неустойчивость типа Релея-Тейлора. Эта проблема даже нашла отражение в фильме «Бомба», показанного по нашему телевидению, где главный герой — учёный показывает сферический шар и говорит «... вот посмотрите, после взрыва он остался таким же каким и был». На сегодняшний день Россия является рекордсменом по параметрам, которые ушли далеко вперёд — в докладе, о котором я говорил, уже дошли до 200 миллионов атмосфер, это рекордная работа, выполненная экспериментально в Сарове во ВНИИЭФ Р.И. Илькаевым, М.А. Мочаловым, В.Е. Фортовым и другими.

В этих экспериментах создаются уникальные по сжатию параметры, здесь впервые было продемонстрировано, что квантовые эффекты, которые обычно не достигаются при сжатии вещества, здесь впервые проявились. При сжатии Ферми-газа, в соответствии с принципом Паули, в одной точке фазового пространства не могут находиться электроны с одинаковыми спинами, что приводит к квантовому эффекту дополнительного давления. На рентгенограмме приведён прямой и обратный ход сжатого вещества, определяя наименьшее расстояние до которой сжимается мишень, можно определить величину квантовых эффектов, что дает возможность их экспериментальной проверки.

Владимир Евгеньевич много сотрудничал с российскими учёными — с Яковом Борисовичем Зельдовичем, с Львом Владимировичем Альтшулером.

Большое число современных установок было создано по инициативе и при прямом участии В.Е. Фортова в ОИВТ РАН и ряде других организаций. Знаменитая «Сфера» — установка ЯЗ13, была сварена из корпусов подводных лодок, затем доставлена В.Е. Фортовым в Институт высоких температур: она использовалась для задач горения взрыва и детонации.

Ранее я говорил о работах В.Е. Фортова по сжатию ферми-газа, им выполнена работа по сжатию бозе-газа, которая планировалось для выполнения в лаборатории холодных атомов на МКС. В отличие от ферми-газа, для бозе-газа отталкивания нет, есть, наоборот, бозе-конденсация, поэтому квантовое сжатие бозе-газа может происходить неограниченно, это показано в работе В.М. Цуркова, Э.Е. Сона и В.Е. Фортова (2017, NASA, Santa Barbara). Большой цикл работ по электроэнергетике и электрофизике был выполнен В.Е. Фортовым для промышленности, к ним относятся работы Федеральной сетевой компании.



Академики В.П. Смирнов, Г.Н. Рыкованов, В.Е. Фортов и Е.Н. Аврорин

Одним из основных направлений деятельности В.Е. Фортовым была работа с Росатомом, на снимке — группа академиков В.П. Смирнов, Г.Н. Рыкованов и Е.Н. Аврорин с В.Е. Фортовым на открытии Высшей школы физики ГК «Росатом», есть также фотографии с Р.И. Илькаевым, А.Л. Михайловым во ВНИИЭФ, г. Саров. Результатами этого сотрудничества стало создание Центра изучения экстремальных энергетических процессов РОСАТОМ-РАН, работы которого были стимулированы В.Е. Фортовым и будут продолжаться до 2024-го года.

Наследие, которое оставил нам В.Е. Фортов, это 26 книг: монографий и учебных пособий — часть книг он издал с соавторами, а в последние годы он писал книги самостоятельно. Здесь изображены обложки этих книг на русском, английском и других языках.



В.Е. Фортов реализовал еще один уникальный проект — «Энциклопедия по низкотемпературной плазме», по которой в России были ведущие специалисты в этой области. Он поставил задачу, собрал коллективы ведущих учёных в России в этой области и издал 26-томную Энциклопедию по низкотемпературной плазме — такого издания нет нигде в мире.

Память о Владимире Евгеньевиче останется навсегда в его учениках, они увидели и запомнили его отношение к делу, к науке, его стремление решать невозможные задачи. Он останется в российской науке

как учёный, не только создавший новые направления, решивший принципиальные проблемы, но и как Государственный деятель с большой буквы, на долю которого выпали самые сложные годы управления Российской академией наук.