

Г. Б. Манелис

## Ракетная эпопея (записки соучастника)

ИХФ АН СССР сыграл определяющую роль в создании и развитии ракетной техники, использующей твердые ракетные топлива (ТРТ). Постановка этих работ и руководство ими принадлежали Н. Н. Семенову. Настоящая статья не претендует на полное изложение истории создания ТРТ стране. В ней представлены многие факты и даны неизбежно субъективные оценки непосредственного участника событий, заместителя Николая Николаевича по этой проблеме.

Исследования процессов горения и взрыва взрывчатых веществ (ВВ) и порохов, теплового самовоспламенения и взрыва, детонации, кинетики термического разложения ВВ и ряда других сопутствующих проблем были начаты в ИХФ АН СССР с самого начала его создания в 30-е годы, наряду с работами по созданию теории цепных разветвленных реакций. В работах Ю. Б. Харитона, Я. Б. Зельдовича, Д. А. Франк-Каменецкого, О. М. Тодеса, В. Н. Кондратьева и многих других были сформулированы, быстро получившие мировое признание, теории горения и детонации, теплового самовоспламенения и взрыва, роли активных промежуточных частиц в этих процессах, сформулирован ряд основополагающих положений в понимании механизмов термического разложения и чувствительности к механическим воздействиям энергетических материалов. Сформировалась и заняла ведущее место в мире созданная, и, в течение многих лет возглавляемая Н. Н. Семеновым, школа химической физики.

Эти работы базировались в основном на исследовании процессов в газах, как наиболее простых, что позволило чет-

ко сформулировать основополагающие представления. Вместе с тем, начинались исследования и конденсированных систем, в которых анализировались особенности протекания этих процессов в конденсированной фазе. Так, в работах А. Ф. Беляева было показано, что при горении многих органических ВВ ведущая стадия, в соответствии с теорией Зельдовича, находится в газовой фазе при максимальной температуре, а конденсированное ВВ плавится и испаряется за счет тепла, передаваемого из газовой фазы по механизму теплопроводности (теория горения Беляева-Зельдовича). Им же при горении гремучей ртути было обнаружено явление диспергирования, механизм и значение которого были поняты значительно позже. В работах П. Ф. Похила было обнаружено образование вспененного за счет газообразных продуктов «жидко-вязкого» слоя на горячей поверхности порохов на основе нитроцеллюлозы. Перед войной и во время Великой Отечественной войны центр тяжести работ ИХФ АН СССР сместился в сторону создания ракетного оружия, топлива и горения порохов в ракетных двигателях в рамках создания нового класса вооружения знаменитых «Катюш». Поскольку Институт во время войны находился в Казани, где практически отсутствовали возможности для широких экспериментов, большая группа сотрудников во главе с Я. Б. Зельдовичем была откомандирована в Москву и работала на базе НИИ-6. Начиная с 1944 года, все большее число сотрудников ИХФ АН СССР переключалось на создание атомного оружия, но это уже отдельная тема. За предвоенный период, во время ВОВ и в первые послевоенные годы вокруг ИХФ АН СССР сложилась тесная неформальная кооперация, включающая, наряду с академическими институтами, синтетиков (ИОХ АН СССР, ЛТИ им. Ленсовета, КХТИ, ИОНХ АН СССР, МХТИ им. Менделеева), рецептурщиков, технологов и баллистиков (НИИ-6, НИИ-125, НИИ-130, ГИПХ, НИИ-1), ряд ведущих конструкторских бюро. Возглавлял все это Н. Н. Семенов.

*Во второй половине 50-х годов под общим руководством Н. Н. был развернут очень широкий фронт по синтезу и исследованию*

высокоэнергетических материалов потенциальных компонент ВВ и порохов. Все они с колес поступали к нам в химфизику. Это были не просто новые соединения, но и новые классы веществ, ранее не попадавшие в сферу внимания. Зачастую, даже приблизительного представления об их свойствах не было. В процессе работы создавались новые методики и приборы. Старые представления о технике безопасности не годились, и она совершенствовалась по ходу дела, в связи с развитием новых представлений и рядом, как это ни печально, несчастных случаев. Так, например, критические условия теплового взрыва в серии последовательных экспериментов, как граница между (по диаметру и температуре) опытами, заканчивавшимися взрывом и опытами, где заряд оставался целым. Самой опасной была операция демонтажа невзорвавшегося заряда, растворение ВВ (по инструкции) в ацетоне и сжигание этого раствора. Не доверяя молодым сотрудникам, это мы с Мержановым делали сами. Мы демонтировали 40 граммовый заряд самого мощного из известных на ту пору ВВ, что в тротиловом эквиваленте превосходило заряд ручной гранаты. Саша демонтировал датчики, а я под тягой проводил операцию растворения. Как выяснилось, в отличие от других, это ВВ взаимодействовало с ацетоном со взрывом. При попытке растворения, я за ничтожную долю секунды заметил начавшуюся бурную реакцию и отбросил сосуд с ВВ в глубь тяги. Заряд взорвался в воздухе, где то в метре от меня. На мое счастье, металлических деталей не было, а детонация была полноценной и все стекло превратилось в мелкую пыль. Ударной волной разворотило тягу, а меня отбросило на пол. В связи с отсутствием скольнибудь крупных осколков, серьезных повреждений не было, но внешний вид был довольно страшный. Стеклянная пыль, как наждаком, ободрала кожу на лице, шее, руках, груди и крови было очень много. Меня тут же на институтской машине отправили в Первую Градскую, где вытаскивали мелкие осколки из глаза, а все остальное «обработали», забинтовали и вернули в институт, так как нужды в госпитализации не было. Вот тут я приобрел совершенно ужасающий

*вид. Я выглядел как ожившая египетская мумия. Не забинтованными были только один глаз и рот, рубашка была вся в крови и пятнах от антисептика. В это время примчался Федор Иванович, которому сообщили о взрыве. Убедившись в том, что со мной ничего серьезного, Федор Иванович вынес следующее решение: «несчастливого случая и взрыва не было, тягу мы отремонтируем или заменим, а вы, Жора, освобождаетесь от работы в лаборатории на 10 дней, как бы для занятий в библиотеке». Чуть позже появился начальник отдела режима. Выяснив состояние моего здоровья, поглядев на внешний вид и тяжело вздохнув, он резюмировал: «пока бинты не снимут, к институту ближе, чем на километр не подходить». На мое «почему?» последовал четкий ответ: «сейчас в Москве международный фестиваль молодежи и студентов, кругом полно иностранцев, демаскировать будешь».*

В конце 50-х годов на повестку дня встал вопрос о создании межконтинентальных баллистических ракет на твердом топливе. Страна стояла перед выбором стратегических научно-технических направлений: твердые или жидкие ракетные топлива. Судьба твердотопливных ракет в значительной мере определялась решением следующих основных вопросов — создавать их на основе баллистических порохов, по которым в стране имелся громадный научный, технический и технологический задел, или на основе смесевых ТРТ, где весь комплекс работ приходилось начинать практически с нуля. Главными проблемами было резкое повышение энергетики, создание конструкции и технологии приготовления многотонных зарядов, обеспечение баллистических характеристик топлив и горения в двигателях, а также необходимой стабильности и эксплуатационной пригодности топлив и зарядов в течение многих лет. Создание принципиально новых технологий производства. Все это можно было достичь только на принципиально новой химической основе, что требовало в свою очередь широкого фронта синтетических исследований, разработки новых технологий и организации соответствующих производств. Естественно, что существовали различные точ-

ки зрения и в стране развернулись острейшие дискуссии на всех уровнях от лабораторий до высшего руководства страны. Многие ведущие конструктора настаивали на создании только жидкостных ракет для решения стратегических вопросов, оставляя за твердыми топливами решение тактических задач на основе сравнительно маленьких ракет. Среди специалистов по боеприпасам также не было единодушия. Некоторые из ведущих и авторитетных ученых и руководителей отрасли настаивали на приоритетном развитии баллистических порохов. Н. Н. Семенов и ИХФ АН СССР были в центре этих дискуссий на всех уровнях. В институте в конце 50-х начале 60-х годов были развернуты широкие исследования по всем ключевым вопросам, было организовано несколько новых лабораторий, Филиал ИХФ АН СССР в Черноголовке в процессе создания был в основном переориентирован с проблемы ВВ на проблему СТРТ. Важнейшей особенностью организации этих работ явился, определивший в конечном итоге быстрый успех, приоритет фундаментальных и теоретических исследований. Это радикально отличало организацию работ в СССР и США, где большинство работ проводилось на натуральных экспериментах, в то время как у нас использовались натурные эксперименты для проверки и подтверждения расчетов.

К середине 60-х годов были сформулированы методологические основы, заложены основы теории и определены пути развития промышленности ТРТ. В работах ИХФ АН СССР, проводимых в кооперации с академическими институтами и организациями промышленности, была установлена ведущая роль реакции в конденсированной фазе, сопровождающаяся частичным испарением компонентов топлив на основе перхлората аммония, роль структуры топлива (полидисперсность), а также химической природы других компонент топлива в механизме горения. Что позволило за счет введения катализаторов, различного рода добавок и изменения структуры топлива и компонентов в широком диапазоне управлять скоростью и закономерностями горения создаваемых рецептур. В США

в это время активно развивалась другая точка зрения (теория Саммерфильда), основанная на определяющей роли диффузионных процессов в газовой фазе, что позволяло объяснить роль дисперсности компонент, но не давала возможности понимать действие катализаторов и химической природы компонентов топлива. Была создана теория неизотермического отверждения крупных ракетных блоков, методы оптимизации процесса, на основе которых и был организован соответствующий процесс. Попутно была открыта фронтальная полимеризация, нашедшая свое применение уже в промышленности полимеров. Были глубоко проанализированы и показаны большие перспективы повышения энергетических характеристик ТРТ. Уже первая рецептура на основе ПХА связующего и 7% алюминия обеспечили резкий скачок энергетических характеристик по сравнению с классическими порохами. Было показано, что в этом направлении существуют значительные резервы и определены пути развития энергетики, успешно реализованные в последующие годы.

В первой половине 60-х годов было два важнейших события, на много лет определивших и развитие науки и развитие промышленности ТРТ и стратегических ракет на их основе. Первое из них — заседание Научного Совета по ТРТ с постановочным докладом Н. Н. Семенова. В докладе были собраны и проанализированы работы по ТРТ и намечены пути развития науки и промышленности. Состояние энергетики и пути значительного ее повышения в ближайшие годы. Механизм горения СТРТ и способы управления, в том числе и технологические, закономерностями горения. Теория и технология получения крупногабаритных ракетных зарядов. Теоретические основы стабильности и сохраняемости ракетных зарядов, методы их исследования и способы обеспечения.

*Работа с НН по подготовке доклада очень многому меня научила. Доклады он обычно писал сам, но к их подготовке привлекал массу народа. В течение полутора-двух месяцев он приезжал в Черногоровку и мы собирались у него в гостинице. В начале*

определялся круг вопросов, которые будут обсуждаться в докладе, а затем работа продолжалась следующим образом — с утра мы собирались и работали над одним из конкретных разделов. Обсуждали, что известно из литературы, какие у нас есть эксперименты, расчеты и идеи, формулировалась физическая модель и технические и технологические выводы из нее. Все участники сборища были равноправны в дискуссии независимо от чинов и званий. Дискуссии проходили очень остро и известное выражение Н. Н. «чушь собачья» звучало из уст разных людей не реже 1 раза в час. Часам к 10–12 вечера наконец приходили к единому мнению как по теоретическим вопросам, так и по предлагаемым техническим решениям. Совершенно обессиленные мы отправлялись домой, а возбужденный Н. Н. с вопросом «ну кто в дурачка, подкидного?» бегал по гостинице и искал партнеров. Наутро он вручал мне написанный текст этого раздела для расшифровки почерка и литературной правки. Таким образом был сформирован весь доклад. Н. Н. доклад не зачитывал. Во время выступления мысль Н. Н. обгоняла слова, появлялись новые аргументы, последовательность изложения так же претерпевала изменения, но все основные идеи и выводы доклада, крепко сидевшие у него в голове, были доведены до слушателей и последующих читателей.

В 1963 году была создана Комиссия Совета Министров СССР под председательством Ю. Б. Харитона, которая должна была по существу решить судьбу развития ТРТ в СССР. Она должна была ответить на ключевые вопросы о целесообразности создания стратегических ракет на ТРТ наряду с жидкостными, и, если да, сформулировать предложения по развитию науки и промышленности.

Обеспечение работы комиссии Ю. Б. Харитона вела военно-промышленная комиссия. Выделялись помещения в Кремле, приглашались руководители предприятий и Министерств, организовывались поездки. К комиссии было прикреплено несколько штатных сотрудников ВПК. Объем и характер работ Комиссии иллюстрирует следующий факт — сотруднику ВПК

*Ю. Н. Циомо было поручено собрать всю доступную открытую отечественную литературу, а также, по возможности, все открытые зарубежные публикации. Материала было так много и такого уровня, что, после его анализа, Циомо, под моим руководством, написал и успешно защитил кандидатскую диссертацию о мировых тенденциях в создании ТРТ.*

В комиссию вошли такие выдающиеся ученые, как Н. Н. Семенов, Я. Б. Зельдович, С. П. Королев, В. С. Шпак, Б. П. Жуков, Д. И. Гальперин и многие другие. По предложению Николая Николаевича, я также был включен в состав этой комиссии. Комиссия работала 2 года. За это время она посетила практически все организации, причастные к этой проблеме.

*Помимо общих докладов и поездок членов Комиссии по стране, по конкретным вопросам собирались узкие совещания, где велось неформальное обсуждение проблемы. Так, например, по проблеме использования металлов в ТРТ, в кабинете Н. Н. собралась рабочая группа, в которой, помимо Н. Н. и Ю. Б., приняли участие Я. Б. Зельдович, А. Д. Сахаров, О. И. Лейпунский, Ф. И. Дубовицкий и Ваш покорный слуга. В результате острейшей дискуссии были сформулированы основные положения, определившие и теоретические и практические пути использования металлов в ракетных топливах. Очень важна атмосфера, когда, например, мое мнение выслушивалось и обсуждалось так же внимательно и уважительно, как и точка зрения Н. Н. и Я. Б. После завершения дискуссии положить все это на бумагу поручили мне. Помимо понятного удовлетворения от завершения какого-то этапа работы, я испытал огромное эстетическое наслаждение от высочайшего интеллектуального и профессионального уровня обсуждения. Это был настоящий пир идей, которые рождались при тебе, и пусть при небольшом, но все-таки твоём участии.*

Глубоко проанализированы все основные вопросы. Собран громадный литературный материал. Во многих случаях проводились дополнительные расчеты и по заданию комиссии соответствующие эксперименты. В заключение комиссии были включены и положения доклада Николая Николаевича.

После завершения продолжительной работы Комиссии, Ю. Б. поручил обобщение и написание заключения по работе комиссии Д. И. Гальперину, крупнейшему пороховику, основателю и научному руководителю НИИ-130 (в Перми) и мне. Нам на двоих дали кабинет в Кремле и мы каждый день с утра и до вечера работали там. Вечерами, за стаканом чая, Д. И. рассказывал мне о своей жизни. Здесь я хочу упомянуть только о некоторых деталях, которые важны для понимания атмосферы и характера людей тех лет. В 1937 году Д. И. Гальперина уже известного в ту пору пороховика неожиданно назначают начальником порохового Главка Наркомата боеприпасов СССР. Через пару месяцев его арестовали и осудили как врага народа. Поскольку органы НКВД были перегружены «работой», он не был сразу отправлен на Колыму, а сидел в Бутырках в ожидании формирования этапа. За это время было принято решение о создании «шарашек» и он оказался в одной из них, специализировавшейся по пороходелию, где являлся, по существу, неформальным идейным руководителем. После ряда мытарств эта шарашка оказалась в Перми, где разрабатывала пороха и технологию непрерывного производства зарядов для «катюш» и их внедрение в производство. В 1944 году Гальперина приводят к начальнику лагеря и тот зачитывает Указ о помиловании Д. И. Гальперина. Как говорил Давид Израилевич, не успел я вытереть пот со лба и перевести дух после такого известия, как из той же папки начальник лагеря достает вторую бумагу о присуждении Д. И. Гальперину Сталинской премии 1 степени.

Второй интереснейший штрих. В нашем институте работал старшим инженером бывший чекист М. И. Левичек. Как то мы поехали в командировку в Пермь и с нами был Моисей Исакович. Нас, как всегда приняли хорошо, поселили в лучшую по тем временам гостиницу. А Гальперин забрал Левичека жить к себе домой. Еще больше нас поразило, когда мы узнали почему. Во время войны Левичек, офицер НКВД являлся начальником той самой «шарашки», в которой трудился зэк Гальперин. И тогда у

них сложились теплые, дружеские, человеческие отношения, продолжавшиеся до самой смерти Гальперина. Парадокс! Но в жизни бывает всякое.

Материалы комиссии легли в основу Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР на много лет определившие пути развития этой новой отрасли науки и техники.

Меня всегда поражала удивительная способность Н. Н., Ю. Б. и Н. М. донести до читателя, слушателя мысль на близком ему языке, точно ориентируясь на адресата. Их доклады, отчеты, письма на одну и ту же тему писались каждый раз заново и использовали зачастую разные аргументы. Общий отчет Комиссии Ю. Б. — толстенный том с сотнями страниц писали мы с Д. И. Гальпериным. Краткую выжимку (страниц на 10) для руководящих работников министерств, генеральных конструкторов, руководителей организаций и предприятий Ю. Б. поручил мне. А одну страницу для Н. С. Хрущева писал сам. Накануне визита к Н. С. Хрущеву Ю. Б. вместе со Смирновым (зам. председовмина, Председатель ВПК) долго обсуждали выводы, тактику разговора, аргументы, которые они предполагали использовать. В приемной на всякий случай была собрана большая группа. Среди них были С. П. Королев и некоторые из главных конструкторов, представители руководства ряда министерств, некоторые члены комиссии, в том числе и я. Среди присутствующих были и наши оппоненты. Во время долгого ожидания мы смотрели в приемной футбол. Наконец, из кабинета выходят Ю. Б. и Л. В. Смирнов, явно довольные ситуацией и друг другом. Обращаясь к нашим оппонентам, Л. В. Смирнов произносит «вот вы мне все время вешали лапшу на уши, дескать гореть будут плохо, а они так хорошо горят, что их погасить целая проблема. Спросили бы у академиков (кивок с мою сторону, а я в то время был еще кандидатом наук. Ю. Б. мне подмигивает). Вы утверждали, что полимерная связующая раскиснет за время хранения и заряд развалится, а там все просто — одна полимерная ниточка, другая полимерная ниточка, а между ними... Вашу мать ...СШИВКА!!!».

Другой пример. Мы долго воевали с военными, которые по началу выдвигали требование эксплуатации ракеты в широком температурном диапазоне, так же и для обычных боеприпасов. Выполнить это требование было в принципе возможно, но это приводило к сильному изменению состава топлив, значительно к снижению энергетических и баллистических характеристик, а также требовало менее эффективной конструкции заряда. Ни расчеты, ни соответствующие результаты экспериментов не убеждали военных. После подробного обсуждения ситуации с НН он вздохнул и сказал, ну что ж придется идти наверх. И на одном из заседаний на высоком уровне Н. Н. выступил с нашим предложением о необходимости термостатирования ракет. Вкратце его выступление сводилось к следующему — требование широкого температурного диапазона приведет к созданию тяжелой ракеты и потери в значительной мере ее эффективности. Вот у меня дома есть одеяло с электроподогревом. Когда в доме отключают отопление весной или осенью, я включаю на 10–15 мин этот подогрев и сплю в комфортных условиях, несмотря на холод к квартире. Межконтинентальные ракеты штучный товар. Давайте завернем их во что-то похожее на это одеяло. Стоить это будет копейки по сравнению со стоимостью ракеты, а эффективность и надежность резко вырастут. Вопрос был решен за пол часа.

Вслед за этим был принят ряд организационных решений, создавших прочную основу развития отрасли. Постановлением Совмина СССР были определены 3 головные организации: ИХФ АН СССР по науке, ГИПХ по технологии исходных компонентов и сырья, ЦНИИХМ по технологии топлив и зарядов. Был создан межведомственный координационный Совет под председательством Министра машиностроения СССР В. В. Бахерева, куда вошли ведущие ученые, технологи и инженеры, руководители организаций и предприятий. Заместителем председателя Совета был утвержден зам. министра машиностроения Л. В. Забелин, блестящий организатор, ученый и инженер, большой друг нашего Института. В бюро Совета во-

шли заместители министров ведущих министерств, причастных к решению проблемы, Н. Н. Семенов от Академии наук, а также заместитель начальника Главка по науке Н. Г. Рогов и профессор Г. Б. Манелис. Состав бюро Совета позволял оперативно решать не только научно-технические, но и организационные вопросы, что позволило оперативно, без излишних межведомственных проволочек, вести работу. В общую систему руководства проблемой был органично включен совет АН СССР по ТРТ под председательством Н. Н. Семенова. Заместителями председателя были Ф. И. Дубовицкий и Г. Б. Манелис. Уже к концу 70-годов были решены многие фундаментальные вопросы, созданы новые производства новых компонент, разработаны рецептуры топлив СТРТ первого поколения, технологии и оборудование для производства топлив и зарядов, велась активная работа с конструкторскими бюро по созданию и испытаниям первой в СССР баллистической ракеты на твердом топливе. Одновременно были развернуты исследования и технологические проработки по резкому повышению энергетических, баллистических и эксплуатационных характеристик для создания топлив второго поколения, которые базировались на фундаментальных исследованиях, проводившихся широким фронтом.

*Как уже отмечалось, широко исследовались возможности соединений разных классов в качестве компонентов ТРТ. Работы по фторнитросоединениям мы вели совместно А. В. Фокиным и сотрудниками его кафедры в Военной Академии химической защиты. У нас эту тему вел м.н.с. (позже доктор наук) Володя Гребенников. В один прекрасный день ему приходит повестка явиться в военкомат для прохождения службы в армии, т.к. военной кафедра в том вузе, где он учился, не было. Наши попытки что-то предпринять были безуспешны. Оставалась последняя надежда. Звоню А. В. Фокину, которому незадолго до этого было присвоено генеральское звание как зав кафедрой Военной Академии. На следующее утро во двор Ногинского военкомата въезжает Волга, за рулем генерал, а пассажирами сидят*

полковники (профессора и доценты кафедры). Звание военкома, если мне не изменяет память, было не выше майора. Через пару часов раздается звонок. Звонит Фокин. Отменить мобилизацию не удалось, так как приказ о призыве подписан Министром обороны и отменен может быть только им, но кое-что удалось сделать. Володю призывают и направляют служить в хозяйственную роту, обслуживающую академию химзащиты. И каждое утро, когда остальные солдатик отпраздничали чистить картошку, подметать дорожки, стоять на проходных, Гребенников шел в лабораторию продолжать свою научную работу. Установку мы перевезли. Но это еще не все. Где-то через пол года службы, идет заседание Ученого Совета Академии с защитой кандидатской диссертации. Председательствует Начальник Академии генерал-полковник (?). Первые ряды в зале заняты генералами. Далее сидят профессора и доценты, в чинах полковники, подполковники, реже майоры. Во время дискуссии по защите, из заднего ряда тянется рука. Зеленый китель с красным кантом — погон не видно. Председатель дает ему слово. И, к глубокому удивлению большинства присутствующих, на трибуну поднимается молодой солдатик, рядовой, китель расстегнут, левая рука в кармане. Вкратце, его речь сводилась к следующему — работа, конечно, ничего, но вот такие-то положения и выводы — «чушь собачья», это надо было бы делать так-то и так-то. К концу речи Гребенникова Начальник Академии встал, а, как мне рассказывал Фокин, сотрудников Кафедры пробил холодный пот. Ну, сейчас наш Володька за наглость в лучшем случае отправится на гауптвахту, а в худшем — будет откомандирован куда-нибудь в Читу дослуживать в стройбате. Реплика генерал-полковника прозвучала в совершенно неожиданном ключе. «Вот что значит наша Советская Армия! У нас даже рядовой боец глубоко разбирается в сложнейших вопросах современной химии и может вовремя подсказать старшему по званию правильное решение. Молодец! Откуда ты такой взялся?» И наш Гребенников вместо гауптвахты отправился в отпуск в Черноголовку.

Большие успехи в развитии науки и техники в этой отрасли позволили развернуть широким фронтом работы по использованию ТРТ не только в межконтинентальных баллистических ракетах, но и ракетах морского базирования, тактических и оперативно-тактических ракетах, системах ПРО и ПВО, ракет систем «воздух-земля».

Руководство Академии (М. В. Келдыш, а позже А. П. Александров) постоянно уделяли большое внимание нашей работе. Так, например, Академия ежегодно направляла наверх большой отчет за год, содержащий также и конкретные предложения на ближайшее будущее. Президент вызывал меня с отчетом, который я готовил, и мы с ним работали целый день. Стиль работы у Келдыша и Александрова был совершенно различный. В голове у М. В. Келдыша было счетно-решающее устройство, работавшее с невероятной скоростью. Он вчитывался в каждую фразу, внимательно анализировал результаты вычислений, долго и скрупулезно сравнивал количественные результаты. А. П. Александров был человек совершенно другого склада. Внешне все происходило так же — целый рабочий день. Анатолий Петрович будучи «физтехом» по менталитету и подходу был очень близок к нашему институту, имевшему те же корни. И главное его внимание было сосредоточено на физических идеях. Он с карандашом в руках читал введение, заключение и выводы, правил, стараясь вычленивать и подчеркнуть узловые вопросы, а описательную часть проглядывал наискосок, «ну тут у тебя все в порядке, я тебя знаю». Вечером все заканчивалось «Президентским чаем» и минут на 15 трепом на свободные темы.

В последующие годы было выпущено два прогноза по развитию ТРТ и систем на их основе, каждый из которых готовился не менее года и включал в себя, наряду с общей точкой развития науки и техники, результаты специально проведенных для этого экспериментов и расчетов, и завершался конкретным планом исследований разработок и реализаций в промышленности. Эти прогнозы явились основой соответствующих постановлений ЦК КПСС и Совета Министров СССР.

Меня до сих пор удивляет, что, несмотря на кажущуюся авантюристичность и большое количество скептиков, они были полностью реализованы не только по научно-техническому существу, но и по срокам. Прогнозы были основаны на использовании существенного изменения химической природы топлив и выхода на новые компоненты. Ставка была сделана на новые классы окислителей и горючих. Из этих соединений был известен только октоген, синтезированный в Германии еще до ВОВ. Такие соединения, как АДНА и гидрид алюминия, либо получались в лабораториях в граммах, либо физически отсутствовали вообще. АДНА и другие соли динитразовой кислоты были впервые синтезированы в ИОХ АС ССР В. А. Тартаковским и его сотрудниками, очень быстро прошли весь комплекс физико-химических исследований и баллистических испытаний. А затем был подключен большой комплекс отраслевых институтов и промышленных организаций для разработки промышленной технологии и соответствующего производства. Несколько сложнее обстояло дело с гидридом алюминия, основные характеристики которого сначала были вычислены на «кончике пера» и довольно много времени и усилий ушло на разработку приемлемого метода синтеза и организацию технологи, а также на обеспечение необходимой стабильности. Работы по использованию бериллия и его гидрида были быстро доведены до рецептур и зарядов, однако затем были заморожены из санитарно-гигиенических и экологических соображений. На первом этапе работы с АДНОй и гидридом алюминия развивались как параллельные конкурирующие направления, но по мере решения многочисленных проблем, которые возникали, стало возможным объединить их, что давало заметный дополнительный баллистический эффект. Эти направления являлись пионерскими и как по постановке, так и реализации, далеко обогнали западные исследования, что неоднократно подтверждали и американские исследователи, в том числе и в открытых публикациях. Работы по использованию октогена развивались параллельно с аме-

риканскими разработками в этой области, однако полностью реализовать теоретически ожидаемый эффект не удалось, так как для обеспечения баллистических характеристик приходилось вводить заметное количество перхлората аммония. Уровень характеристик топлив и зарядов были приблизительно одинаковыми в США и СССР и достигнуты приблизительно в одно и то же время.

К концу 80-х годов энергетические, баллистические и эксплуатационные характеристики уже опережали то, что было в Соединенных Штатах. На завершающей стадии этих работ очень важную роль сыграл здесь Н. М. Эмануэль после избрания его академиком-секретарем ООТХ АН СССР. Много времени и сил отдавали Президенты АН СССР М. В. Келдыш и А. П. Александров. Регулярные совместные заседания Президиума АН СССР и коллегии Минмаша СССР не только поддерживали высокий научный уровень, но и обеспечивали быстрое решение организационных вопросов.

Опережающее развитие советских работ признали и в США. Так, после заключения договора по СНВ, подписанного президентом Ельциным, когда были раскрыты некоторые характеристики отечественных стратегических ракет появилось несколько статей в Американских ведущих журналах, в которых было прямо сказано «Русские нас обогнали на 20 лет, и это было так хорошо организовано, что даже ЦРУ ничего не знало».

*Работы развивались не так легко и гладко, как сейчас могло бы показаться. Помимо разрешения все новых научно-технических проблем, возникавших во время работы, приходилось постоянно вести борьбу с многочисленными оппонентами на самых разных уровнях, доказывать в сотый раз очевидные вещи. Тогда, когда у оппонентов исчерпывались аргументы, регулярно возникал сакраментальный вопрос «а почему у американцев этого нет?». И единственным ответом, ставившим оппонентов в тупик, был встречный вопрос «а вы подумайте о том, почему у нас это есть!».*

Успешное развитие этой области наряду с совершенно очевидным значением для обороноспособности страны были получены результаты, имеющие общенаучное и общетехническое значение: получила существенное развитие макрокинетика химических реакций, создана теория горения конденсированных энергетических материалов, создана теория самовоспламенения и взрыва в конденсированных системах, теория неизотермических полимеризационных процессов, заложены основы теории реакции в твердой фазе, развита методология синтеза многофункциональных соединений, получили большое развитие реология и механика композиционных материалов. На основе этих исследований родились новые классы технологий, не имеющих прямого отношения к порохам и ВВ, такие как СВС, фильтрационное горение, как для получения новых материалов, так и для использования альтернативных топлив в энергетике. Это далеко не полный перечень новых направлений в науке и технике, своими корнями уходящие в решение проблемы ТРТ. Одним из «побочных» результатов развития этого направления явилось создание научного Центра РАН в Черноголовке, которое я отношу к трем важнейшим достижениям Н. Н. Семенова, наряду с созданием теории цепных реакций и школы химической физики. Сегодня Центр уверенно входит в число ведущих научных центров в мире.

Необходимо упомянуть хотя бы часть людей, чьим талантам и самоотверженной работе мы обязаны. Это зам. Председателя Совмина СССР, Председатель ВПК Л. В. Смирнов, Министры СССР В. В. Бахерев, В. В. Листов и С. А. Зверев, заместители Министра машиностроения Л. В. Забелин и В. Н. Раевский. В ИХФ АН СССР старшее поколение, наряду с Н. Н. Семеновым и Н. М. Эммануэлем, это А. Ф. Беляев, О. И. Лейпунский, Ф. И. Дубовицкий, В. К. Боболев, К. К. Андреев, С. Г. Энтелис, Н. М. Чирков, П. Ф. Похил и «младшее» поколение, пришедшее в науку в 50–60 годах, А. Н. Дремин, А. Г. Мержанов, Г. Б. Манелис, Л. Н. Стесик, их ученики и соратники Г. Н. Назин, В. А. Струнин, Л. П. Смирнов, А. В. Раевский, Ю. И. Рубцов, Л. Н. Ерофеев,

В. В. Барзыкин, В. Г. Абрамов, а также Б. В. Новожилов, Н. Н. Бахман, А. Д. Марголин, Ю. В. Фролов, В. И. Пипекин, Ю. А. Лебедев. Синтетические работы развивались усилиями С. С. Новикова и В. А. Тартаковского, Л. И. Багала, Л. Т. Еременко и Б. В. Гидаспова, А. Ф. Фокина. Рецептурно-технологические работы и разработка оборудования в первую очередь связаны с именами В. А. Морозова и Г. К. Кименко (ЦНИИХМ), Б. П. Жукова, Н. А. Кривошеева, З. П. Пака (ЛНПО «СОЮЗ»). В Перми (НИИ ПМ) это ученики и последователи Д. И. Гальперина В. В. Мошев, Н. Г. Рогов, Козлов. В Сибири (АНИИХТ) Г. В. Сакович, Я. Ф. Савченко. Важные исследования, помимо синтетических работ, о которых говорилось выше, серьезные исследования велись в МХТИ им. Менделеева, Артакадемии (школа И. В. Тишунина), МФТИ. Важнейшую роль сыграло тесное взаимодействие с ведущими конструкторами С. П. Королевым, В. П. Глушко, Надирадзе, Макеевым и многими другими. Этот список можно было бы продолжать до бесконечности, однако ограниченность объема статьи и человеческой памяти заставляет меня поставить здесь точку и принести извинения тем, кто не был здесь, не по злему умыслу, упомянут.

История создания твердых ракетных топлив в СССР еще не написана и автор рассматривает свою попытку только как повод к тому, чтобы привлечь внимание серьезных исследователей истории науки и техники к этому фантастически интересному, по-человечески очень сложному и многогранному вопросу.

Моя глубокая благодарность Г. Ю. Воробьевой за совместную работу при написании статьи.