

ПОСВЯЩАЕТСЯ ПЯТИДЕСЯТИЛЕТИЮ КОСМИЧЕСКОЙ ЭРЫ

**Б. И. РАБИНОВИЧ
А. Д. БРУСИЛОВСКИЙ**

**ОТ БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ
РАКЕТЫ Р-1
ДО КОСМИЧЕСКОГО
КОМПЛЕКСА
ЭНЕРГИЯ – БУРАН**

**О ЛЮДЯХ
И СВЕРШЕНИЯХ**


УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ
КОСМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ РАН

МОСКВА
2009

ББК 39.6 Б 89
УДК 629.7 (092)
Б89

Б. И. Рабинович
А. Д. Брусиловский

**ОТ БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ РАКЕТЫ Р-1
ДО КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
«ЭНЕРГИЯ – БУРАН».**

О ЛЮДЯХ И СВЕРШЕНИЯХ

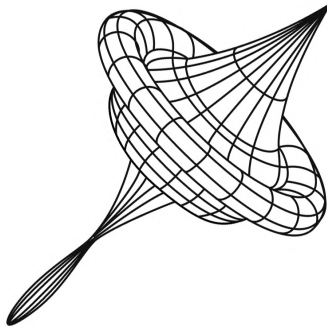
Издание Учреждения Российской академии наук
Институт космических исследований РАН
при участии ООО «Издательский дом «Космос»
и издательского отдела ООО «Регион-Инвест»
Дизайн обложки: *В. М. Давыдов, А. Н. Захаров*
Оригинал-макет: *Н. Ю. Комарова*
Подписано в печать 20.02.2009
Формат 70×108/32
Заказ 2174
Гарнитура Minion Pro
Бумага 80 г/м², обложка 300 г/м²
20 уч.-изд. л.
Тираж 300 экз.

ISBN 5-98792-005-1

- © Учреждение Российской академии наук Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН), 2009
- © ООО «Издательский дом «Космос» (ИД «КОСМОС»), 2009
- © Б. И. Рабинович, А. Д. Брусиловский, 2009
- © ООО «Регион-Инвест» (обложка), 2009

NON SI VOLTA
CHI STELLA È FISSO
Leonardo da Vinci

НЕ ОБОРАЧИВАЕТСЯ ТОТ,
КТО УСТРЕМЛЕН К ЗВЕЗДЕ
Леонардо да Винчи



ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая книга выходит в свет, когда исполнилось 50 лет с начала космической эры, — запуска первого искусственного спутника Земли. В то же время приближается новая историческая дата: 50-летие со дня полета первого человека в космическое пространство — гражданина СССР Юрия Гагарина.

И, хотя в ее основе лежит второе издание книги *А. Д. Брусиловского. От Р-1 до Н-1. «Беседы с профессором Борисом Рабиновичем. Воспоминания и размышления»*, это — новая книга. В ней сохранен стиль вопросов и ответов, благожелательно встреченный читателями и критиками. А. Д. Брусиловскому принадлежат вопросы, Б. И. Рабиновичу — основной текст, подсказанный этими вопросами. Объем этого текста существенно увеличился, а тематика расширилась, так что общая тональность книги сильно изменилась.

Теперь это, скорее, не личные «воспоминания и размышления», а фрагменты истории развития РКТ, со всеми ее взлетами и падениями, и очерки о людях, вписавших яркие страницы в эту историю, которая начинается с первой отечественной баллистической ракеты Р-1, включает космические комплексы Н-1 – Л-3 и «Энергия – Буран», и продолжается до наших дней.

Появился ряд новых эпизодов, как связанных с отечественными и зарубежными проектами и их творцами, так и выходящих за рамки основной тематики книги. Добавлены многочисленные новые иллюстрации. В результате объем книги удвоился, а количество глав выросло с 5 до 9. В целях сохранения преемственности в качестве Приложений включены некоторые материалы, относящиеся к первому и второму изданиям книги, упомянутой в начале, и доклад Б. И. Рабиновича (на английском языке), посвященный пятидесятилетию начала космической эры.

Авторы благодарны *Равилю Равильевичу Назирову*, инициативе которого эта книга обязана своим выходом в свет. Они от всей души благодарят *Викторию Ивановну Прохоренко* за ее творческое участие в создании книги и *Николая Яковлевича Дорожкина* за оригинальные рисунки, иллюстрирующие в наглядной форме возмущающие факторы, действующие на жидкостную ракету с упругим корпусом, и методы борьбы с ними.

Авторы признательны *Вячеславу Михайловичу Давыдову* и *Александру Николаевичу Захарову*, которым принадлежит художественное оформление обложки книги.

Рукопись книги была внимательно прочитана *Михаилом Михайловичем Бордюковым*, *Юрием Ивановичем Зайцевым*, *Виктором Сергеевичем Неварко* и *Евгением Герцевичем Соколиным*. Авторы считают своим приятным долгом выразить им свою признательность за ценные замечания и советы.

Особая благодарность *Наталии Юрьевне Комаровой* за ее неоценимую помощь в подготовке электронной версии книги.

«СЕДИНЫ ВАШИ ЗЕРКАЛО ПОКАЖЕТ,
ЧАСЫ — ПОТЕРЮ ЗОЛОТЫХ МИНУТ.
НА БЕЛУЮ СТРАНИЦУ СТРОЧКА ЛЯЖЕТ —
И ВАШУ МЫСЛЬ УВИДЯТ И ПРОЧТУТ.

ПО ЧЕРТОЧКАМ МОРЩИН В СТЕКЛЕ ПРАВДИВОМ
МЫ ВСЕ ВЕДЕМ СВОИМ УТРАТАМ СЧЕТ.
А В ШОРОХЕ ЧАСОВ НЕТОРОПЛИВОМ
УКРАДКОЙ ВРЕМЯ К ВЕЧНОСТИ ТЕЧЕТ».

Уильям Шекспир



Экспериментальный самолет с ЖРД БИ-1, СССР, 1942.
Летчик-испытатель Григорий Бахчиванджи



Истребитель-перехватчик Me-163, Германия, 1943; СССР, 1945.
Летчик-испытатель Марк Галлай



Два года назад человечество отмечало начало космической эры: запуск в Советском Союзе первого искусственного спутника Земли.

Некоторым этапам развития ракетно-космической техники и событиям, прямо или косвенно с ней связанным, посвящена настоящая книга, имеющая форму диалога, в ходе которого вопросы задает Александр Давидович Брусиловский, а ответы дает Борис Исаакович Рабинович.

Итак, первый вопрос.

Учителя

— *Борис Исаакович, расскажите, пожалуйста, как Вы пришли в ракетную технику.*

— Как ни странно, но я начал интересоваться ракетной техникой, в первую очередь, в связи с межпланетными полетами еще в детстве. По-видимому, решающую роль сыграли в этом прочитанные мною в те годы фантастические романы Жюль Верна, Герберта Уэллса и Александра Беляева. За ними последовали более серьезные книги К. Э. Циолковского, Германа Оберта, Я. И. Перельмана, Ю. В. Кондратюка, Макса Валье. Позднее к ним прибавились книги Ф. А. Цандера, М. К. Тихонравова, С. П. Королева, Е. Зенгера, относящиеся к тридцатым годам. Не без влияния этих книг, а также многочисленных изданий по авиации, начиная со знаменитой книги Ассена Джорданова «Ваши крылья», я поступил по окончании средней школы на самолетостроительный факультет Московского авиационного института (МАИ).

Завершал я свое высшее образование в Военно-воздушной инженерной академии им. Н. Е. Жуковского (ВВИА), и к этому моменту я уже сделал окончательный выбор: темой моего дипломного проекта была межконтинентальная двухступенчатая баллистическая ракета с дальностью полета 10 тыс. км и жидкостным ракетным двигателем (ЖРД) к ней с тягой 100 тс. По-видимому, годы работы над этим проектом (1947–1948) следует считать фактическим моим «пришествием» в ракетную технику.

Следует напомнить, что лучшим достижением отечественной ракетной техники того времени была ракета Р-1 с дальностью полета, не превышавшей 300 км, так что со стороны моего руководителя дипломного проекта Михаила Леонтьевича

Новикова, о котором я навсегда сохраню самые теплые воспоминания, потребовалась определенная смелость, а со стороны официального рецензента — серьезная терпимость.

Последним был Константин Давыдович Бушуев, с которым я познакомился в процессе рецензирования им моего дипломного проекта. Его положительная оценка моего труда была для меня особенно лестной, так как принадлежала настоящему, уже в то время достаточно хорошо известному ракетчику-практику, одному из заместителей С. П. Королева.

— *Кого Вы считаете своими учителями?*

— Наибольшее влияние на выбор мною направления исследований оказали несколько замечательных преподавателей из числа тех, с которыми меня свела судьба. Это уже упомянутый мной Михаил Леонтьевич Новиков, Аркадий Александрович Космодемьянский, Владимир Васильевич Голубев, Александр Азаревич Уманский. Расскажу сначала о Новикове.

М. Л. Новиков

Михаил Леонтьевич Новиков был в то время старшим преподавателем кафедры конструкции авиационных двигателей. Он пользовался особым уважением и авторитетом у слушателей, благодаря удивительному сочетанию глубоких теоретических знаний, конструкторской жилки и многих импонировавших нам чисто человеческих качеств. М. Л. прославился изобретением совершенно нового зубчатого зацепления.

История этого изобретения Михаила Леонтьевича, начавшаяся в 1946–1947 годах, заслуживает отдельного рассказа. Она изобилует рядом драматических моментов, представляющих интерес не только с инженерной, но и с общечеловеческой точки зрения.

Сначала несколько слов о существовании проблемы. Обратимся к типичной задаче, возникающей в машиностроении, — передаче с помощью редуктора значительных крутящих моментов. Эта задача особенно актуальна для авиационных турбовинтовых двигателей, масса редуктора которых может достигать 40 % массы двигателя в целом. Лимитирующим фактором, не позволяющим снизить размер, а следовательно, массу редуктора, являются контактные напряжения в области касания зубьев.

В любом традиционном зубчатом зацеплении эта область представляет собой некоторую линию. В принципиально новом зацеплении, которое изобрел Новиков, эта область не линия, а линейчатая поверхность! В результате при применении такого зацепления удалось за счет расширения площади контакта зубьев резко увеличить передаваемый крутящий момент, не превышая допустимого значения контактных напряжений.

Надо сказать, что Новиков пришел к своему изобретению не эмпирическим путем, а на основе изящного теоретического анализа. В этом ему, конечно, сильно помогло сочетание инженерной интуиции конструктора авиационных двигателей (он, кроме преподавания в ВВИА, работал конструктором на фирме А. А. Микулина) и отличной математической подготовки.

В результате появились зубья такой фантастической формы, что один из уважаемых потенциальных оппонентов подготовленной к тому времени Новиковым докторской диссертации заявил, что «эта штука» вообще не будет вращаться. Чтобы рассеять его заблуждение, добровольные помощники Новикова из числа адъюнктов кафедры изготовили из алюминиевого сплава демонстрационную модель «редуктора Новикова» и доказали, что, по крайней мере, с кинематикой все обстоит благополучно.

Однако этого было, конечно, недостаточно, поскольку вокруг Новикова начали в то время все больше сгущаться грозовые тучи. Начальник кафедры, не будучи сам ни изобретателем, ни доктором, относился к деятельности Новикова, мягко говоря, без энтузиазма. Возможные официальные оппоненты отказывались выступать в этом качестве, будучи твердо убеждены, что после трудов известных им классиков места для каких-либо принципиальных новаций в области теории зубчатого зацепления уже не осталось.

Пока Новиков вел изнурительную борьбу за свое детище, те же кафедральные энтузиасты ухитрились спроектировать и изготовить специальный зуборезный станок, на котором выфрезировали зубья к новому редуктору, уже в штатном исполнении. Кульминационный момент наступил, когда были проведены параллельные испытания редуктора Новикова и редуктора с обычными зубьями, причем в присутствии одного из скептически настроенных оппонентов.

Крутящий момент постепенно увеличивали до тех пор, пока у обычного редуктора не начались пластические деформации зубьев. Редуктор Новикова продолжал спокойно работать. Оппонент глубокомысленно предложил повысить крутящий момент на 10 %. Новиков согласился и дал команду увеличить момент на 100 %, а затем продолжать его дальнейшее увеличение. Короче говоря, пластические деформации у «зубьев Новикова» появились, когда момент превысил разрушающий для обычного зацепления примерно в четыре с половиной раза!

Дальше все пошло в форс-мажорном режиме: блестящая защита докторской диссертации, Ленинская премия, должность начальника кафедры, вереница авиаторов, моряков, танкистов, заинтересовавшихся новым зацеплением, и... скоростная смерть Михаила Леонтьевича от сердечного приступа на самом пике его новых творческих планов.

Механика и кое-что еще...

Интересом к механике в самом широком смысле этого слова я обязан прежде всего профессору Аркадию Александровичу Космодемьянскому. Он преподавал нам теоретическую механику и покорила меня своими лекциями по механике тела переменной массы.

Особое впечатление произвело на меня изложенное им решение так называемой задачи Годдарда, которая заключается в выборе закона расходования топлива, обеспечивающего максимум полной высоты подъема ракеты в атмосфере при заданном его запасе.

Это решение было получено методом вариационного исчисления, что пробудило во мне интерес к этой незнакомой мне ветви анализа. Знакомство с вариационным исчислением стимулировало появление моей первой печатной работы, посвященной выбору режима работы двигателя самолета с ЖРД, при котором достигает максимума полная дальность горизонтального полета.

Вероятно, уместно сказать несколько слов о так называемой задаче о брахистохроне, сформулированной Иоганном Бернулли более трехсот лет назад, которая привела к рождению вариационного исчисления. Эта задача формулируется в современных терминах так:

«Найти уравнение линии, двигаясь вдоль которой в однородном гравитационном поле материальная точка переместится из заданной точки А в заданную, расположенную ниже ее, точку В в минимальное время».

Вот что писал о своей задаче сам Иоганн Бернулли в заметке **“Problema novum, ad cuius solutionem Mathematica invitatur”**, опубликованной в июньском номере Лейпцигского журнала *“Acta eruditorum”* за 1696 год (цитирую по источнику Бернулли И. Новая задача, к разрешению которой приглашаются математики. Избранные сочинения по механике. М.-Л.: Главная редакция техн. лит., 1937):

— Как мы достоверно знаем, едва ли существует что-либо иное, что могло бы в большей степени побудить благородные умы к совершению дел, ведущих к умножению знаний, чем предложение трудных, но в то же время полезных вопросов; их разрешением с помощью того или иного метода, они достигнут славы для своего имени и воздвигнут себе вечный памятник у потомков.

Я полагаю, что для меня не будет ничего более приятного, чем, если я, подражая примеру таких мужей, как Мерсенн, Паскаль, Ферма и особенно известного недавнего флорентийского анонимного автора загадок (итальянский математик, ученик

Галилея, Винченцо Вивiani), а также примеру других лиц, делавших то же до меня, предложу превосходнейшим аналитикам нашего века некоторую задачу, с помощью которой они, как с помощью Лидийского камня (так называли в древности пробирный камень; Лидия славилась искусством выделки изделий из золота и бронзы), смогут проверить свои методы и умножить их мощь. Если они что-нибудь найдут, пусть сообщат нам для того, чтобы каждый мог затем получить в публичной форме заслуженные им похвалы.

<...>

Для того чтобы вызвать интерес со стороны любителей подобных вопросов и побудить их охотнее предпринять попытку разрешения указанной задачи, довожу до их сведения, что эта задача не сводится к пустой умственной спекуляции, лишенной какого бы то ни было практического значения, как это может кому-либо показаться. В действительности она представляет очень большой практический интерес и притом, кроме механики, также и для других дисциплин, что может всем показаться неправдоподобным.

Какой язык, и какие замечательные слова!

Задача Бернулли о брахистохроне была решена им самим, а также Якобом Бернулли, Лейбницем, Ньютоном, Лопиталем. Леонардом Эйлером было получено дифференциальное уравнение, доставляющее решение более общей задачи, которое носит название «уравнение Эйлера». К этой задаче приложил впоследствии руку и великий Лагранж.

Будущее показало, что Бернулли не ошибся в своей оценке. Проблема поиска экстремума некоторого функционала, к которой сводится его задача, действительно представляет большой практический интерес не только для механики, но также для других дисциплин, и это никому не кажется невероятным. В частности, к ней очень близка задача об оптимальной траектории набора высоты самолетом с ЖРД.

Время моей учебы на старших курсах ВВИА совпало с рождением реактивной авиации. Мы с увлечением изучали трофейные немецкие турбореактивные двигатели (ТРД) BMW-003 и Jumo-004 и их отечественные аналоги, а также только что появившиеся первые отечественные самолеты с турбореактивными двигателями Як-15, Ла-15 и МиГ-9, родившиеся в стенах наших знаменитых КБ А. С. Яковлева, С. А. Лавочкина и А. И. Микояна и М. И. Гуревича. Но уже в то время меня особенно увлекали перспективы использования в авиации ЖРД.

Здесь необходимо сделать некоторое отступление. Сороковые годы ознаменовались появлением не только бескрылых летательных аппаратов с жидкостными ракетными двигателями

(немецкая баллистическая ракета А-4 (V-2)), но и крылатых. Начало этому было положено успешными испытаниями ракетоплана СК-9 конструкции С.П. Королева летчиком-испытателем Владимиром Федоровым. За ним последовал экспериментальный самолет БИ-1 конструкции А.Я. Березняка и А.М. Исаева, впервые поднявшийся в воздух с аэродрома под Свердловском 15 мая 1942 года. В отличие от ракетоплана, этот самолет взлетал, используя собственный ракетный двигатель (ЖРД).

Во время одного из испытательных полетов БИ-1 (27 марта 1943 года), когда скорость превысила (предположительно) 800 км/ч, самолет потерпел катастрофу, и летчик-испытатель капитан Григорий Бахчиванджи погиб. Одной из причин катастрофы, как выяснилось много лет спустя, были не известные в ту пору тонкие аэродинамические эффекты, связанные с проявлением сжимаемости воздуха при приближении числа Маха (M) к единице (число Маха — это отношение скорости полета к скорости звука).

Некоторые из этих явлений были, по-видимому, известны немецкому авиаконструктору Липпишу, самолет которого Me-163, типа «летающее крыло», снабженный ЖРД, появился на фронте в 1944 году и успел принять участие в боевых операциях в качестве истребителя-перехватчика. Испытания трофейного экземпляра этого самолета были проведены молодым еще в то время летчиком-испытателем Марком Галлаем (см. его книгу: «Испытано в небе». М.: Молодая гвардия, 1969).

Мой интерес к крылатым летательным аппаратам с ЖРД особенно усилился после того, как я познакомился с переводом трофейного научно-технического отчета известного германского ракетчика Е. Зенгера и его супруги И. Бредт, посвященного дальнему бомбардировщику с ракетным двигателем. В оригинале (*Deutsche Luftfahrtforschung LLM 3538, 1944*) этот отчет существовал в количестве 100 экземпляров, причем расчет рассылки начинался с Германа Геринга.

В соответствии с оригинальным проектом Е. Зенгера его ракетный бомбардировщик должен был разгоняться горизонтально с помощью специальной катапульты до скорости отрыва. Незадолго до этого момента запускался ЖРД с тягой 100 тс, что соответствовало при начальной массе летательного аппарата 100 т тяговооруженности, равной единице.

После разгона по довольно пологой восходящей траектории до скорости порядка 4,5 км/с в конце активного участка полета бомбардировщик должен был перейти на траекторию планирования. Эта фаза полета носила ярко выраженный динамический характер, так как расчетная форма траектории напоминала синусоиду с затухающей амплитудой, достигавшей в начале

планирования десятков километров. Такой полет с гиперзвуковой скоростью напоминал движение плоской гальки, умело брошенной под малым углом к поверхности моря, многократно отскакивающей от его поверхности. Роль «поверхности моря» в случае самолета Зенгера играли плотные слои атмосферы.

Где-то в промежуточной точке траектории планирования должна была сбрасываться при подходе к цели бомба, имевшая массу около 5 т, после чего полет продолжался в том же направлении, со все более затухающими колебаниями. По расчетам Зенгера его бомбардировщик должен был в результате облететь вокруг земного шара и приземлиться в заданном районе. Несмотря на всю фантастичность этот проект (напомню, что он относился к 1943–1944 годам) был довольно хорошо подкреплён расчетами и даже целым рядом предварительных экспериментов.

В то время идеи Зенгера не получили дальнейшего развития, но много лет спустя были использованы в Европейском проекте космической транспортной системы многоразового использования «Sänger».

О моих преподавателях и учителях. Продолжение

Одним из своих учителей я, как уже говорил, считаю Владимира Васильевича Голубева, который был в то время не только профессором ВВИА, но и деканом мехмата МГУ им. М. В. Ломоносова. Он был великолепным лектором и читал нам курс математического анализа. Однако в моей будущей научной деятельности наибольшую роль сыграли не его лекции, а его замечательные книги по теории крыла, которые пробудили во мне особый интерес к решению задач обтекания методами теории функций комплексного переменного.

Владимир Васильевич, к сожалению, пополнил собой список выдающихся советских ученых, ставших жертвами развернувшейся в те годы безумной идеологической кампании по борьбе с «безродным космополитизмом», весьма напоминавшей средневековые походы инквизиции против «еретиков» и «ведьм».

В. В. был обвинен в «низкопоклонстве перед «иностранщиной», выразившемся в многочисленных ссылках в его книгах на Прандтля, Кармана и других известных зарубежных ученых. В связи с этим было подготовлено собрание «научной общественности» Академии, которое должно было гневно осудить В. В. и подвергнуть его остракизму. Главным заводилой в этом «благородном» мероприятии был назначен начальник аэродинамической лаборатории (назовем его Y), а В. В. была отведена роль Галилея перед судом инквизиции.

В назначенный день весь синклит был собран, и Y произнес свою гневно-разоблачительную речь. Однако дальше все пошло

вопреки намеченному режиссерами плану. Программа дала катастрофический сбой. Слово взял Аркадий Александрович Космодемьянский, который заявил, что он, как и другие коллеги и ученики В. В., не дадут в обиду своего учителя — выдающегося советского ученого и гордость советской науки, а свои обвинения Y пусть (в вольном переводе) «засунет себе в з...». В результате весь спектакль сорвался.

Когда пыль от описанных событий уже улеглась, маятник качнулся в другую сторону, и было устроено торжественное чествование В. В. по случаю его 70-летнего юбилея. Но предыдущая история не прошла бесследно — вернувшись домой после официальных торжеств, В. В. в тот же день скончался...

Интерес к задачам теории упругости, в частности, к теории изгиба и кручения тонкостенных конструкций, привил мне наш прекрасный преподаватель строительной механики самолета профессор Александр Азарьевич Уманский. Знания, которые я почерпнул из его лекций и практических занятий, пригодились мне спустя несколько лет, когда я начал серьезно заниматься проблемами влияния на динамическую устойчивость замкнутой системы корпус ракеты – автомат стабилизации – ЖРД поперечных, крутильных и продольных упругих деформаций корпуса ракеты.

Между прочим, в период гонения на Голубева один из преподавателей кафедры Александра Азарьевича Уманского (чтобы не путать с Y , назовем его Z), позарившись на место А. А., попытался разыграть ту же карту, обвинив А. А. в пресловутом «низкопоклонстве». Однако со своими разоблачениями он немного опоздал и, кроме того, поскольку действовал не по указанию сверху, а так сказать, «по велению сердца», из его затеи ничего не вышло, и он был с позором изгнан из Академии. Такова жизнь...

В числе наших преподавателей были еще многие крупные ученые, оставившие след в моей памяти. Назову некоторых из них. Это академики Борис Сергеевич Стечкин (теория двигателей), Борис Николаевич Юрьев (экспериментальная аэродинамика), профессор Владимир Сергеевич Пышнов (динамика полета).

Однако вернусь от моей первоначальной подготовки к трудному восхождению на более высокие ступени прикладной механики. Тому, что это в какой-то степени (значительно меньшей, чем хотелось бы) состоялось, я обязан многим выдающимся ученым-механикам, с которыми мне посчастливилось общаться, инженерам-практикам, конструкторам и проектантам, и своим коллегам по работе.

Нет никакой возможности перечислить здесь их всех. Постараюсь дальше восполнить в какой-то мере этот пробел. Расскажу о двух Механиках (с большой буквы), сыгравших в этом

большую роль. Я имею в виду академиков Александра Юльевича Ишлинского и Дмитрия Евгеньевича Охоцимского.

Начну с первого из них. Мое общение с Александром Юльевичем продолжалось в течение многих лет в связи с его участием в решении задач ракетодинамики, связанных с устойчивостью и управлением, возникавших как на стадии проектирования, так и в процессе летных испытаний.

Меня всегда поражала свойственная ему простота и ясность изложения наиболее тонких вопросов механики жесткого и деформируемого твердого тела, теории гироскопов, баллистики, и умение связать их с актуальными задачами практики. Это относится как к его устным выступлениям на различных научных форумах, так и к его многочисленным печатным трудам.

Работы Александра Юльевича, которые я изучал по его книгам, поражают элегантностью решения весьма сложных и запутанных прикладных задач. Александр Юльевич был наделен редким комплексом прекрасных человеческих качеств: доброжелательностью, вниманием к людям, даже не очень ему близким, чувством юмора, столь важным в наш беспокойный век, добротой.

С Дмитрием Евгеньевичем мы встречались значительно реже, чем с Александром Юльевичем. Сначала я познакомился с его работами, посвященными выводу общих уравнений механики тела переменной массы и общему решению задачи Годдарда с учетом переменной плотности атмосферы по высоте, опубликованными в 1946 году.

Именно последняя работа вдохновила меня впоследствии на решение методом Д. Е. вариационной задачи о траектории движения крылатой ракеты на активном участке, обеспечивающей максимум конечной скорости при заданном запасе топлива. Это решение я использовал в дальнейшем для расчета оптимальных траекторий набора высоты ракетным бомбардировщиком Зенгера и экспериментальным самолетом с ЖРД Х-15, т. е. — решения обобщенной задачи о брахистохроме. Эти исследования были начаты мной во время пребывания в НИИ-4 в связи с задачей выбора оптимальных траекторий крылатых ракет и результаты их были опубликованы ограниченным тиражом.

В последующие годы последовательно появлялись работы Д. Е., посвященные учету влияния гравитационных возмущений со стороны Солнца и Луны на траекторию движения межконтинентальной ракет, теории движения искусственных спутников Земли, движению КА с двигателем малой тяги, движению КА при входе в атмосферу со второй космической скоростью, динамике жидкости в подвижных контейнерах, робототехнике — всего не перечислишь. Его замечательные исследования в самых

различных областях механики в течение многих лет служили для меня образцом сочетания глубины, ясности и элегантности решения.

Хотел бы в заключение сказать несколько слов еще об одной яркой фигуре из числа профессоров ВВИА. Я имею в виду генерала от артиллерии Дмитрия Александровича Вентцеля. Мне, к сожалению, не довелось слушать его лекции, поскольку он преподавал (внешнюю баллистику, теорию вероятности и еще какие-то предметы) не на нашем факультете, а на факультете вооружения, но зато его имя часто возникало в слушательском фольклоре.

Он пользовался широкой известностью не только за пределами факультета, но и за пределами Академии, будучи исключительно остроумным человеком; многие его остроты были высшей пробы и имели большой общественный резонанс. Особой популярностью пользовались рассказы об его совершенно неожиданных интермедиях, в процессе которых он сохранял абсолютную серьезность.

Некоторые из таких интермедий описаны в повести его супруги, Елены Сергеевны Вентцель (литературный псевдоним И. Грекова) «На испытаниях», в которой он фигурирует в образе генерала Сиверса. Добавлю пару эпизодов, связанных с учебным процессом.

Генерал принимает экзамены у поступающего на факультет вооружения артиллерийского лейтенанта. Экзамен сдан успешно, и генерал удаивает лейтенанта салонной беседы, в ходе которой задает следующий риторический вопрос: *«Вы, представитель такого могущественного рода войск, как артиллерия, которая, как известно, есть бог войны, собираетесь связать свою судьбу с такой ненадежной вещью, как авиация?»*

Смущенный лейтенант спрашивает: *«А как же Вы, товарищ генерал?»* Здесь надо пояснить, что собеседник лейтенанта, который пришел в ВВИА из Артиллерийской Академии им. Дзержинского, носил погоны с таким же красным, артиллерийским, кантом, как у него самого.

На это следует такой ответ: *«Как Вы можете сравнивать? Я здесь миссионер среди чернокожих!»*

Другой эпизод. Ситуация и действующие лица примерно те же, но теперь лейтенант — это уже не зеленый абитуриент, а умудренный опытом старшекурсник, пришедший досрочно сдавать экзамен по какой-то серьезной дисциплине.

Д. А. сидит за столом и тасует экзаменационные билеты, как колоду карт. Лейтенант докладывает о цели своего визита. Д. А. задумчиво смотрит на него, продолжая тасовать свою колоду, и произносит только одно слово: *«Сыграем?»*

Ответ следует немедленно: *«Пожалуй»*. Экзаменатор протягивает колоду, старшекурсник вытягивает билет, просматривает его и говорит: *«Пожалуйста, еще»*. Получив второй билет, просит третий. Изучив его содержание, кладет все три билета на стол и произносит с деланным разочарованием только одно слово: *«Перебор»*.

Генерал Вентцель говорит: *«Давайте Вашу зачетку — так шутить может только человек, отлично знающий предмет»*, после чего ставит пятерку.

Не могу отказать себе в удовольствии привести еще один пример его интермедий, на этот раз — никак не связанный с учебным процессом.

Описываемое событие имело место в городе Сочи, на пляже генеральского санатория им. Фабрициуса. Д. А. делил в этом санатории палату «люкс» со старшим лейтенантом — Героем Советского Союза (предполагалось, что последнее обстоятельство компенсирует отсутствие у того генеральского звания). На пляж Д. А. ходил в компании со своим соседом по палате, который имел избыточное, загорая, приклеивать себе на грудь вырезанную из бумаги геройскую звезду. Д. А. это сильно раздражало, и он додумался до оригинальных контрмер: в один прекрасный день старлей обнаружил на ногах Д. А., когда тот снял свои санаторные брюки, красные полосы, тянувшиеся от поясницы до щиколоток.

Дальше последовал такой диалог. Старлей (обеспокоенно): *«Что это у Вас такое, товарищ генерал?»*. Д. А. (без видимого волнения): *«Лампасы, чтобы все видели, что я генерал!»*

Некоторые остроты Д. А., являвшиеся следствием его наблюдательности и острого ума, обладали вполне определенной информативностью. Вот, например, две получившие широкую известность «теоремы Вентцеля», опиравшиеся на обширный экспериментальный материал:

1. *«Каждые три минуты заключительного слова диссертанта при защите им диссертации эквивалентны одному черному шару».*
2. *«Первый из членов Ученого совета, поздравивший диссертанта с успешной защитой еще до объявления результатов тайного голосования, голосовал против».*

Хотел бы в заключение упомянуть о некоторых увлечениях, сыгравших большую роль в моей жизни. Для меня это было систематическое занятие плаваньем: сначала обычным — на длинные дистанции, а потом — подводным. Последнее увлечение, сохранившееся у меня на всю жизнь, безусловно, оказало влияние на некоторые черты моего характера.

Профессиональной подготовкой в этих областях я обязан двум людям. Первым из них была Капитолина Васильева (одна из бывших жен Василия Сталина) — наш тренер в период, когда

я, будучи слушателем ВВИА, занимался плаванием в спортивном обществе ЦДКА, — в те времена чемпионка СССР по плаванию на одну из длинных дистанций.

Вторым — Александр Яковлевич Кузьмичев, талантливый киевский нейрохирург и спортивный врач, замечательный спортсмен-подводник — друг знаменитого ныряльщика, «человека-дельфина» Жака Майоля, стоявший у истоков возникновения подводного спорта на Украине. Кредо Саши Кузьмичева (для меня он всегда был Сашей) наиболее точно выражала следующая формула, которую он старался внедрить в сознание своих учеников и почитателей его талантов: *«Если ты устал и тебе трудно, — прибавь скорость!»*

Замечу, что рекордный нырок Майоля без акваланга на глубину 100 м был превышен нашей соотечественницей Натальей Молчановой, нырнувшей без акваланга (и без груза) 25 сентября этого года в Шарм-эль-Шейхе на глубину 101 м, установившей тем самым мировой рекорд для женщин.

X-1, «Скайрокет», X-1A, X-15

Линия на создание экспериментальных самолетов с ЖРД, о которых я говорил, начатая в СССР, нашла продолжение после окончания второй мировой войны в США, где в течение ряда лет был создан и всесторонне испытан целый ряд таких самолетов. Они сбрасывались с самолета-носителя В-29, после чего включался их собственный ЖРД, подобно тому, как это делалось на ракетопланере С. П. Королева. Наиболее известными в то время, когда я заканчивал ВВИА, были экспериментальные самолеты фирмы Белл X-1 и X-2.

Успешные испытания первого экземпляра XS-1 провел в 1946 году один из лучших военных летчиков-испытателей США Чак Игер. На одном из упомянутых экспериментальных самолетов он впервые в мире достиг 14 октября 1947 года скорости полета, превысившей скорость звука (число $M > 1$).

В тот же период появился самолет с **комбинированной** силовой установкой (ЖРД совместно с ТРД) — «Скайрокет» (D-558-II) фирмы Дуглас. Этот самолет пилотировал летчик-испытатель Вильям Бриджмен (см. книгу *Бриджмен В., Азар Ж.* Один в бескрайнем небе. М.: Военизгиз, 1959).

Я с большим интересом изучал в то время всю доступную мне информацию об этих самолетах с ЖРД, и это повлияло на появление моей первой печатной работы, о которой я говорил. И хотя к моменту начала дипломного проектирования я все же сделал свой выбор в пользу баллистической ракеты, всплески интереса к крылатым ракетам у меня в дальнейшем периодически повторялись, о чем я скажу позже.

В процессе испытания самолета Скайрокет Бриджмен столкнулся с опасным явлением боковой динамической неустойчивости. Вот что он сам пишет об этом в книге, которую я только что упоминал:

— «Скайрокет» переходит в сверхзвуковую зону со скоростью более пятисот метров в секунду. Раскачивание! Я не могу пренебречь им. Оно становится более настойчивым, когда самолет переходит с набором высоты в горизонтальный полет... Линия горизонта неистово прыгает перед остеклением кабины. Я борюсь с этим сумасшедшим раскачиванием, двигая элеронами, но сейчас они мало эффективны. Они как перья в бурю. Все же элероны — единственное средство в моем распоряжении. Колебания происходят так быстро, что я не могу попасть элеронами в противоположную фазу... Я проигрываю сражение. Продолжать упорствовать — глупо. Нужно принять решение. Остановить двигатель!

За проникновение в очередную неизведанную область приходится платить и, к сожалению, не только прекращением опасного эксперимента. В конце концов, против описанного грозного явления удалось найти противоядие, что позволило успешно завершить программу полетов на «Скайромете». Но самого Бриджмена судьба не пощадила — он погиб при выполнении совершенно заурядного полета. Вот что пишет об этом Игер, который не раз летал с ним в паре:

— Бриджмен продемонстрировал больше, чем высокое искусство пилотирования, достигнув в конечном счете числа М, равного 1,8. Он пережил всю эпопею, связанную со Скайрокетом, чтобы погибнуть при простом облете «Каталины». Этот полет был для Билла все равно, что для автомобилиста съездить в «Семь – Одиннадцать» (дежурный магазин, открытый с семи утра до одиннадцати вечера) за четвертой молоком...

Сам Игер чудом избежал гибели во время последнего (рекордного) испытательного полета на экспериментальном самолете Х-1А (модифицированный Х-1). Это произошло 12 декабря 1953 года.

Не могу удержаться от того, чтобы не привести длинную цитату из автобиографии Игера, в которой он описал эту драматическую историю (Yeager. Autobiography. General Chuck Yeager, Leo & Janos. Bantam Books. Toronto; N. Y., 1986).

— ...Я слегка опустил нос самолета, чтобы увеличить скорость, и зафиксировал показания маметра 2,2, а затем 2,3. Я летел с ускорением 31 миля/ч в секунду, приближаясь к скорости 1,650 миль/ч, большей скорости, с которой летал какой-либо пилот, и большей скорости, с которой будет когда-либо летать любой самолет с прямым крылом.

Маметр показал 2,4, когда нос самолета начал отклоняться влево. Я нажал правую педаль, но это не дало эффекта. Мое внешнее крыло начало подниматься. Я полностью отклонил элероны против крена, но без всякого результата. Меня пронзила мысль: слишком высоко, слишком быстро, Игер. Я мог бы добавить: слишком поздно. Крыло продолжало подниматься, и я был бессилен помешать нарастающему крену. И тут самолет сорвался в штопор, начав кувыркаться одновременно в четырех различных направлениях, штопоря в режиме, который пилоты называют раскруткой относительно всех трех осей. Я назвал бы это адом.

Меня отчаянно бросало в кабине из стороны в сторону, вперед и назад, доведя до состояния, в котором я был настолько оглушен, что перестал что-либо соображать. Это было ужасно. Мы прорезали небесную сферу, стремительно ввинчиваясь в нее... Отблески света, сменявшиеся темнотой, мелькали у меня перед глазами. Солнце, земля, солнце, земля. Вниз и вниз. Мне оставалось меньше минуты.

Каким-то шестым чувством я вспомнил, что стабилизатор был поставлен в положение «ребро атаки полностью вниз», и сумел найти в темноте нужный тумблер. Будучи все еще в полном тумане, я дотянулся до него и перевел в нейтральную позицию и, даже не думая, поставил управляющие органы в положение, соответствующее режиму штопора.

На высоте 30 000 футов самолет перешел скачком в нормальный штопор. Я знал, как выходить из него! Я штопорил на всех самолетах, которые только можно себе вообразить, включая X-1. На высоте 25 000 футов я вышел из штопора...

Я был так ошеломлен всем произошедшим и разбит, что не знал, смогу ли управлять самолетом, и вообще, продолжает ли самолет нести меня. Я едва помню последующие мгновения. Но когда моя голова прояснилась, я был на высоте 5000 футов на оси дна высохшего озера. Я планировал, приближаясь к нему с обратной стороны Мохаве со скоростью 270 миль/ч, и я начал надеяться, что выкарабкаюсь. Немного придя в себя, я установил связь с Ридли (ведущий инженер по летным испытаниям).

Дальше идет текст на авиационном сленге, который в вольном переводе звучит так:

— Я надеюсь, что смогу благополучно вернуться на базу, Джек. Я не собираюсь повторять этот номер еще раз. Эти парни (сотрудники фирмы Белл) были чертовски правы (предостерегая от превышения числа М, равного 2,3). Но тебе не следовало, составляя полетное задание, вести дело к возможности реальной демонстрации на этой дьявольской штуке их правоты. Если бы у меня было катапультируемое кресло, ты бы уже не увидел меня сидящим здесь в ней.

Картина дна высохшего озера заполнила лобовое стекло фонаря моей кабины, и я посадил машину немного жестко, с глухим ударом и облаком пыли. Но ни одна посадка в моей жизни не показалась мне столь сладостной, как эта. Данные о полете покажут позже, что я потерял пятьдесят одну тысячу футов высоты за пятьдесят одну секунду.

Программа испытания сверхзвуковых экспериментальных самолетов с ЖРД продолжалась в США до 1968 года. В частности, в период с 1959 по 1968 год проводились летные испытания последнего самолета из этой серии X-15. Апофеозом этой программы было достижение в одном из полетов максимальной высоты (динамический потолок в безмоторном полете после выключения двигателя) 108 км и фантастической максимальной скорости 7297 км/ч.

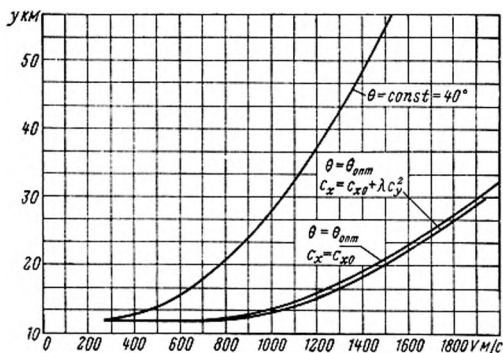
Самолет X-15 примечателен еще тем, что одним из пилотов, проводивших его летные испытания, был не кто иной, как Нейл Армстронг, ставший много лет спустя (20 июля 1969 года) первым человеком, ступившим на поверхность Луны.

Замечу, что теории полета такого рода летательных аппаратов была посвящена моя первая монография (*Рабинович Б.И. Вариационные режимы полета крылатых летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1966*). В качестве одного из примеров я рассчитал в этой книге методами вариационного исчисления оптимальную программу набора высоты для самолета X-15 после его сброса с самолета-носителя, обеспечивающую достижение максимальной скорости в конце активного участка полета. На рисунке представлено изменение скорости v по высоте y с учетом и без учета индуктивного сопротивления. (θ — это угол наклона вектора скорости v к горизонту). Начальный участок кривых соответствует горизонтальному разгону до скорости $v = 740$ м/с.

Для сравнения на том же рисунке представлено изменение скорости при наборе высоты с постоянным углом наклона продольной оси к горизонту, равным 40° . Проигрыш в скорости в конце активного участка полета в случае такой неоптимальной программы достигает 20 %.

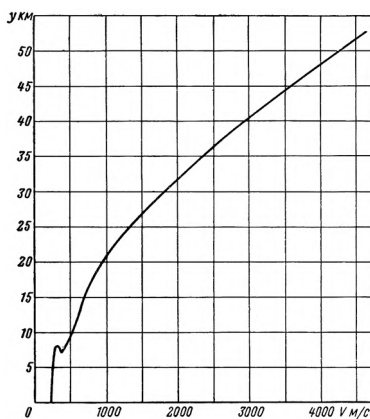
В той же книге была рассмотрена оптимальная программа выведения на активном участке полета самолета с ЖРД Е. Зенгера, обеспечивающая максимум конечной скорости, а следовательно, и максимальную дальность последующего планирующего полета. Она представлена на втором рисунке в тех же координатах, что на первом.

Я остановился на этом примере потому, что в последнее время большую актуальность приобрела проблема запуска крылатого космического аппарата с использованием самолета-носителя («воздушный старт»).



Оптимальная программа набора высоты для самолета X-15

Оптимальная программа набора высоты для ракетного бомбардировщика Зенгера



29 сентября 2004 года частный космический аппарат *SpaceShipOne*, пилотируемый Майком Мелвиллом, достиг 100-километровой высоты и на несколько секунд вышел в околоземное космическое пространство. Космический аппарат стартовал с самолета-носителя *White Knight* («Белый рыцарь»).

Эта первая в мире космическая система, предназначенная для суборбитальных полетов, была разработана известным американским авиаконструктором Бертом Рутаном. Берт Рутан прославился значительно раньше как автор проекта и конструктор оригинального самолета *Voyager*, на котором его брат Дик Рутан со вторым пилотом Джинной Игер в 1986 году облетел без посадки и дозаправки в воздухе земной шар, затратив на это около 9,5 суток.

Достоинства второго пилота, судя по всему, не исчерпывались широко известной в авиационных кругах фамилией Игер,

встречавшейся и в нашей беседе, и минимальной массой (46 кг). Это нашло подтверждение и в том, что после завершения этого исторического полета состоялась свадьба его участников.

Возвращаясь к суборбитальным полетам, следует сказать, что компания *Virgin Galactic* представила в Нью-Йорке окончательный вариант летательного аппарата для космотуров, прототипом которого является космическая система Берта Рутана. Испытания этой системы должны были состояться в 2008 году.

Таким образом, суборбитальные полеты, каждый из которых был в шестидесятые годы сложной инженерной проблемой, скоро превратятся во вполне заурядное событие...

«Хьюстон, у нас возникла проблема...»

— *Истории, описанные Вами, связанные с испытанием весьма сложных объектов, наводят на мысль, что следует возложить в таких случаях все управление на автопилот. Особенно острой эта проблема стала много лет спустя, по существу, в начале космической эры. Что Вы думаете об этом?*

— Однозначного ответа на Ваш вопрос не существует. Горизонты, конечно, расширяются, но о такой сложной проблеме, как распределение ролей между автоматом и оператором, вряд ли можно говорить в прошедшем времени. В любом достаточно отдалённом будущем будет возникать необходимость решать очередную конкретную задачу распределения ролей заново. Однако история в итоге расставила все по своим местам, оставив *«Кесарево Кесарю (автомату) и Божье Богу (человеку)»*. Но пришло это далеко не сразу.

Не отрицая основополагающей роли автоматов в целом ряде выдающихся достижений космонавтики, приведу все некоторые примеры, иллюстрирующие следующий тезис: человек, по крайней мере, в некоторых неожиданных ситуациях, может оказаться эффективной альтернативой автомату.

...18 мая 1969 года в 16 ч 49 мин — чуть больше восьми лет после исторического полета Гагарина — ракетой-носителем «Сатурн-5» AS-505 был запущен космический корабль «Аполлон X» (командир Томас Стаффорд, пилот основного блока Джон Янг, пилот лунной кабины Юджин Сернан). Задачей полета была генеральная репетиция высадки человека на Луну, то есть проведение всех операций, кроме перевода посадочной ступени лунной кабины на траекторию прилунения.

На 14-м витке селеноцентрической орбиты лунной кабины было осуществлено отделение ее взлетной ступени, в которой находились два астронавта, от посадочной ступени (третий член экипажа оставался в это время в основном блоке, двигавшемся по своей независимой селеноцентрической орбите).

После разделения ступеней Стаффорд включил вспомогательные двигатели взлетной ступени для увода ее от посадочной. В этот момент взлетная ступень потеряла устойчивость и начала беспорядочно вращаться.

Стаффорд, мгновенно среагировав, сумел прекратить вращение с помощью ручной системы ориентации и заставить кабину, когда она успела развернуться на 180° по крену и на 233° по тангажу, но еще до того как гироскопы стали на упоры! Причиной потери устойчивости послужило, как выяснилось позже, неправильное положение одного из тумблеров. Пульс Сернана подскочил в течение этих нескольких секунд с 60 до 129 (у Стаффорда пульс не измерялся).

Следует отметить, что селеноцентрическая орбита была благоразумно выбрана так, что падение на Луну взлетной ступени при подобных происшествиях не угрожало. Весьма существенно также то, что имела независимая система бесплатформенной ориентации, которая должна была автоматически сработать позже, перед стыковкой с основным блоком, в случае отказа основной системы ориентации.

Здесь мы имеем пример оптимальной стратегии решения проблемы автомат – человек за счет функционального резервирования систем, ответственных за наиболее важные операции. Это означает наличие независимых систем, способных выполнять в случае необходимости одну и ту же функцию, причем каждая из них рассчитана на выполнение нескольких функций. Человек на борту включен в контур управления как один из равноправных элементов системы резервирования (в описанном случае одна из автоматических систем резервировалась человеком, а он, в свою очередь, резервировался другой автоматической системой).

Триумфом стратегии многократного функционального резервирования явилось спасение экипажа и корабля «Аполлон XIII» после аварийной ситуации (взрыв топливного элемента), возникшей на трассе полета к Луне. Конечно, возможности, заложенные в системе, удалось реализовать только благодаря слаженным, безошибочным действиям экипажа (командир корабля Джеймс Ловелл) и Центра управления полетом. (Характерна форма первого сообщения Ловелла о возникшем ЧП в ЦУП: «Хьюстон, у нас возникла проблема...»)

Противостояние интеллектов: человек или компьютер

— *Не могли бы Вы привести примеры из той же области пилотируемых космических полетов, когда никакое функциональное резервирование помочь не может, и решающим фактором становится человек, от быстроты реакции которого и*

профессиональной подготовки зависит в конечном счете успех или неудача всей миссии.

— Таких примеров предостаточно, причем зачастую возникает конфликт между человеком и автоматом, тем более глубокий, чем совершеннее искусственный интеллект последнего. Жизнь иногда преподносит сюжеты, которые не встретишь даже в фантастических романах Айзека Азимова и Артура Кларка, посвященных этой проблеме. Здесь можно было бы рассказать о реанимации станции «Салют-7», ставшей возможной благодаря филигранной технике пилотирования КА, проявленной космонавтом Владимиром Джанибековым при стыковке со станцией, находившейся в пассивном режиме.

Однако, поскольку эта история подробно описана в литературе (см. книгу *Константин Феоктистов. Траектория жизни*. М.: Вагриус, 2000), сошлюсь на менее известный драматический эпизод, также вошедший в летопись космонавтики. Я заимствую этот пример, как и предыдущие, из обзора *Гольдовский Д. Ю. Программа Аполлон. Ч. 2. ГОНТИ-1. 1971. Речь пойдет о корабле «Аполлон XIV», запущенном 31 января 1971 года ракетой-носителем «Сагурн-5» AS-509.*

На 104-м часе полета лунная кабина с астронавтами Шепардом и Митчеллом на борту была отделена от основного блока и переведена на селеноцентрическую орбиту, близкую к круговой, с высотой порядка 100 км. Однако примерно за полтора часа до расчетного момента включения двигателя посадочной ступени лунной кабины на торможение для обеспечения посадки на Луну система контроля работы бортовой ЭВМ (термин «бортовой компьютер» тогда еще не применялся) выдала на пульт управления аварийный сигнал, связанный с переполнением оперативной памяти ЭВМ.

Одновременно, как и было предусмотрено логикой системы, в бортовую ЭВМ была автоматически введена команда, блокировавшая запуск двигателя на торможение, и программа аварийного возвращения к основному блоку, которая должна была включиться в работу в соответствующий момент вместо программы посадки. Экспресс-анализ, проведенный на борту астронавтами, показал, что аварийный сигнал является ложным, и бортовая ЭВМ функционирует нормально.

Разблокировать штатную программу посадки можно было вручную, с помощью специального тумблера, но надо было так случиться, что именно это тумблер отказал! Возникла отчаянная ситуация. Вполне исправная посадочная ступень должна была в расчетный момент времени вместо перехода на траекторию прилунения выйти на орбиту стыковки с основным блоком. Решающий этап всей программы полета оказался на грани срыва...

Тут то и наступил «момент истины». После сообщения с борта посадочной ступени о возникшей проблеме, ретранслированного в ЦУП через основной блок, был «вызван на ковер» ведущий специалист из отдела Л. Дрейпера знаменитого Массачусетского технологического института (МТИ), ответственного за разработку комплекса навигационных программ для корабля «Аполлон».

Работая в форс-мажорном режиме, в условиях жесточайшего цейтнота, этот специалист сумел составить специальную подпрограмму снятия (в обход отказавшего тумблера) блокировки с программы штатной посадки на Луну и провести весь комплекс операций по тестированию своего творения. Спасительная подпрограмма была немедленно передана Центром управления на борт посадочной ступени лунной кабины.

Астронавты Шепард и Митчелл провели контрольные проверки, подтвердившие, что все необходимые для посадки команды проходят в штатном режиме. Эта работа была завершена за 10 мин до расчетного момента включения двигателя лунной кабины на торможение! Все последующие операции прошли как по нотам...

В этом эпизоде в конфликте интеллектов человека и автомата (последний, к тому же, имел дополнительную фору вследствие отказа злополучного тумблера), к счастью, победил человек.

Вы, вероятно, хотели бы узнать, какими наградами был отмечен победитель — профессионал из МТИ, фактически спасший всю миссию? Так вот, после успешного завершения полета «Аполлона XIV» **четыре человека были удостоены специальной медали NASA: три члена экипажа и упомянутый суперпрограммист** (узнать что-либо о нем мне, к сожалению, не удалось).

Любопытно, что это был второй случай в истории пилотируемых полетов к Луне, когда были документально отмечены три члена экипажа и еще одно должностное лицо. Первый раз это произошло, когда на пластинке, прикрепленной к одной из ног шасси посадочной ступени лунной кабины корабля «Аполлон XI», оставшейся на Луне, были выгравированы фамилии первопроходцев — членов экипажа этого корабля и ...президента США. Но не Джона Кеннеди, который стоял у истоков лунной программы, а Никсона. Увы, скромность никогда не относилась к числу наиболее ярких черт характеров сильных мира сего! Вот как это выглядело. Можете полюбоваться сами.

Возвращаясь к истории создания объектов с ЖРД, напомним, что в конце концов после триумфальных достижений в области бескрылых снова появились крылатые — в образе американской системы *Space Shuttle* и отечественной «Энергия – Буран». Хотел бы подчеркнуть, что свою родословную эти системы ведут от

ракетопланера С. П. Королева, самолета Березняка и Исаева, бесхвостки Липпиша и экспериментальных самолетов с ЖРД, о которых я говорил выше, а также — проекта Зенгера.



HERE MEN FROM THE PLANET EARTH
FIRST SET FOOT UPON THE MOON
JULY 1968, A.D.

WE CAME IN PEACE FOR ALL MANKIND

NEIL A. ARMSTRONG
ASTRONAUT

MICHAEL COLLINS
ASTRONAUT

LOWIN E. ALDRIN, JR.
ASTRONAUT

RICHARD NIXON
PRESIDENT, UNITED STATES OF AMERICA

Картина, которая была запечатлена на пластинке, оставшейся на Луне вместе с посадочным модулем корабля «Аполлон XI»

Защита от сбоев техники и ошибок, связанных с человеческим фактором

— *Вы говорили о человеке и о компьютере как элементах контура управления сложной системой. Не могли бы Вы привести примеры защиты от сбоев техники и ошибок человека?*

— Начну с простейшего примера защиты от ошибок человека — так называемых гильотинных ножниц, широко применяемых в полиграфической промышленности для резки толстых пачек бумаги. Для включения ножниц необходимо одновременно нажать две кнопки, находящиеся на таком расстоянии, что это можно сделать только обеими руками.

В качестве примера защиты системы от сбоя техники приведу более близкий нам пример. Это система многократного функционального резервирования, применяемая в системе управления Шаттлом: четыре параллельно работающих бортовых компьютера, причем нормальной считается ситуация, когда полностью совпадают командные сигналы, по крайней мере, трех компьютеров. Совпадение только двух сигналов из четырех считается аварийной ситуацией, требующей прекращения миссии и безотлагательной посадки.

Кроме того, предусмотрены еще две совершенно независимые, включая питание, системы с отдельными компьютерами,

находящимися в режиме «холодного резерва». Они переводятся в активный режим в случае аварийной ситуации и обеспечивают, работая параллельно, только управление на активном участке траектории и при посадке. Аналогичная система резервирования была применена и на отечественном «Буране».

А теперь еще один поучительный пример на ту же тему. Я имею в виду систему гарантированного обеспечения всплытия батискафа «Триест», сконструированного сухопутным швейцарским профессором Огюстом Пикаром, при отказе штатной системы. По конструкции «Триест» был подобен стратостату, изобретенному Пикаром еще раньше.

Экипаж и часть оборудования размещались в сферической герметической кабине, изготовленной из особо прочной стали. Положительная плавучесть обеспечивалась с помощью тонкостенного поплавка, заполненного бензином, сообщавшегося с окружающей средой. Для создания отрицательной плавучести при погружении и регулирования скорости погружения были предусмотрены специальные бункеры, заполненные чугуной дробью, смонтированные на общей платформе, расположенной под кабиной.

Система безопасности, гарантировавшая всплытие при любой нештатной ситуации, была сконструирована следующим образом. Бункеры с балластом запирались «магнитными пробками» в виде специальных катушек, создававших при запитывании их контролируемым управляющим током магнитное поле, «склеивавшее» чугунную дробь в горловинах бункеров. При принудительном или аварийном отключении питания силы притяжения между дробинами исчезали, то есть «магнитные пробки» мгновенно открывались, и весь балласт высыпался.

Однако хитроумному Пикару этого показалось мало. Он задумался над тем, что будет, если необходимость срочного всплытия возникнет, когда батискаф будет находиться на дне, в илистом грунте. И он придумал следующее изящное решение. Вся платформа, на которой были расположены бункеры с балластом, фиксировалась относительно кабины с помощью электромагнитов, находившихся в штатном режиме под током. Для всплытия батискафа в ситуации, о которой идет речь, достаточно было снять с помощью единственного тумблера питание с этих электромагнитов.

В батискафе «Триест» сын профессора Пикара инженер Жак Пикар и лейтенант ВМФ США Дон Уэлш погрузились в Тихом океане на глубину 10 916 м, на дно так называемой Марианской впадины, самой глубокой в Мировом океане.

В этих примерах следует обратить внимание на то, что если система имеет несколько состояний равновесия, то в случае от-

каза какой-либо из подсистем она должна стремиться перейти в безопасное состояние, а не в опасное.

Вот печальный случай нарушения этих правил. Молодой английский физик Луис Слотин, один из участников атомного проекта, проводил в лаборатории в Лос-Аламосе чрезвычайно опасный эксперимент по определению критической массы плутония — боевого заряда атомной бомбы.

Эксперимент заключался в следующем. На вертикальном штативе, стоявшем на обычном лабораторном столе, были закреплены две плутониевые полусферы, повернутые друг к другу плоскими сторонами, так что, если их сблизить вплотную, получилась бы сфера (размером немного больше теннисного мяча). Нижняя полусфера была закреплена неподвижно, а верхнюю полусферу можно было перемещать по вертикальной направляющей и фиксировать в любом положении, повернув отверткой болтик в соответствующем зажиме (заметьте, подвижной была *верхняя полусфера, а не нижняя!*).

Последнее обстоятельство сыграло трагическую роль. Слотин постепенно перемещал верхнюю полусферу вниз, фиксируя ее на все меньших расстояниях от нижней полусферы. При этом он каждый раз измерял с помощью специального датчика поток нейтронов. Этот поток лавинообразно нарастал по мере сближения полусфер, и эксперимент приближался к завершению. И тут Слотин, закрепляя в очередной раз зажим, выронил отвертку... Верхняя полусфера сорвалась со своего места и упала на нижнюю. Последовали ослепительная вспышка света и невидимый гигантский всплеск излучения — масса образовавшейся плутониевой сферы оказалась больше критической, и на лабораторном столе заработал ничем не экранированный атомный реактор!

Слотин был мужественным человеком, доказавшим это, сражаясь с франкистами во время гражданской войны в Испании. Он руками растащил полусферы, прервав тем самым атомную реакцию. Как квалифицированный физик, он сразу понял, что получил смертельную дозу облучения, превышавшую 1000 рентген, но попытался облегчить судьбу своих коллег, находившихся в той же комнате.

Он удержал их на тех местах, где они находились во время вспышки, и отметил на полу мелом положение каждого. Это позволило подсчитать дозу облучения, что помогло врачам спасти их. Сам Слотин скончался через неделю от лучевой болезни.

Эта драматическая история послужила сюжетом для рассказа голландского писателя Декстера Мастерса «Несчастный случай».

Атомные проекты были беспощадны как к их участникам, совершавшим ошибки, так и к людям, не имевшим к самим

проектам никакого отношения. Трагедия Чернобыля является ярким подтверждением этой мысли. Не последнюю роль в этой трагедии сыграла конструкция реактора.

Предоставим слово специалисту (*Иоффе Б.Л.* Без ретуши. *Портреты физиков на фоне эпохи.* М.: Фазис, 2007):

— ...По моему мнению, главный и неизлечимый порок станций с реакторами типа РМБК («чернобыльских») — положительные и большие температурный и паровой коэффициенты реактивности (имеются в виду коэффициенты усиления в цепи обратной связи).

Это означает, что реактор, как физическая система, реагирует увеличением мощности на возрастание температуры или объема пара. И, наоборот, уменьшением мощности на понижение температуры или объема пара, то есть он принципиально нестабилен.

Это кардинальный порок реактора, и связан он с тем, что замедление нейтронов происходит в графите, а охлаждается реактор водой. Избавиться от этого порока нельзя, именно по этой причине в мире больше нет энергетических реакторов подобного типа. Положительный температурный и тепловой коэффициенты и стали причиной чернобыльской катастрофы.

Это непосредственно видно из имеющейся записи временного хода процесса, приведшего к взрыву. Операторам следовало выйти на заданный уровень мощности, снижая ее. Но в силу нестабильности реактора они проскочили требуемое значение, выходить на него снова пришлось, уже повышая мощность. Тут то и произошел взрыв... Конечно, были и другие побочные обстоятельства, наложившиеся на это, с моей точки зрения, главное...

По-видимому, сказанное не нуждается в комментариях.

Родители

— *Оглядываясь на прожитые годы, кого бы Вы выделили, если говорить о влиянии на выбор Вашего жизненного пути и формировании Вас как творческой личности?*

— Я всегда считал себя не более чем инженером-исследователем, работавшим в определенной области техники (моим идеалом в этом смысле был выдающийся российский ученый-кораблестроитель академик Алексей Николаевич Крылов). В этом качестве я сформировался в значительной степени под влиянием отца.

Мой отец, Исаак Моисеевич Рабинович, член-корреспондент АН СССР, Герой Социалистического Труда, генерал-майор-инженер — один из основателей отечественной школы строительной механики. Помимо многолетней плодотворной работы в ряде научно-исследовательских учреждений, он в течение 35

лет был бессменным начальником кафедры строительной механики Военно-инженерной академии им. В. В. Куйбышева (ВИА) и в течение 25 лет (в тот же период) — заведующим одноименной кафедрой Московского инженерно-строительного института им. В. В. Куйбышева.

Николаевская Военно-инженерная академия была основана в 1819 году. В России она считалась престижным учебным заведением. В числе обучавшихся в ней, но не окончивших курса, были писатели Ф. М. Достоевский и Д. В. Григорович, физиолог И. М. Сеченов, воспитанниками — Э. И. Тотлебен и защитник Порт-Артура генерал Р. И. Кондратенко. Среди преподавателей были профессор фортификации и в то же время — композитор Цезарь Кюи и академик М. В. Остроградский.

Академию закончил с отличием в 1911 году будущий генерал Красной Армии Д. М. Карбышев — участник знаменитого Брусиловского прорыва, кавалер 6 русских и 3 советских боевых орденов. В августе 1941 года генерал-лейтенант Карбышев был тяжело контужен в бою в районе Днепра и в бессознательном состоянии захвачен в плен. В течение нескольких лет пребывания в концентрационных лагерях он отвергал попытки фашистов склонить его к измене. В ночь на 18 февраля 1945 года фашисты вывели генерала Карбышева на плац концлагеря Маунтхаузен и обливали на морозе водой, пока он не превратился в ледяную статую, увековеченную впоследствии скульптором В. Сигалем в форме памятника из белого мрамора. Этот памятник установлен у входа в мемориал на месте лагеря Маунтхаузен. Памятники генерал-лейтенанту Дмитрию Михайловичу Карбышеву имеются во многих городах нашей страны. В 1946 году ему было присвоено посмертно звание Героя Советского Союза.

И. М. пришел в Военно-инженерную академию в 1932 году вместе с группой гражданских профессоров, которые были в связи с этим зачислены на действительную военную службу.

И. М. рассказывал мне, что поначалу бывшие гражданские люди не встретили понимания у своих коллег, кадровых военных, — начальников специальных кафедр. При попытке выяснить у них, какие актуальные, не решенные, проблемы существуют в их «епархиях», все они отвечали, что таких проблем нет.

К счастью, специалисты, пришедшие с «гражданки» в это не поверили и начали сами искать эти самые «не существующие» проблемы. И таких проблем оказалось великое множество. Часть из них удалось решить еще до начала Великой Отечественной войны, другие приходилось решать на основе созданного задела уже в ходе войны. Многие бывшие сугубо гражданские специалисты, о которых шла речь выше, отличились на фронтах Великой Отечественной войны и были удостоены боевых орденов.

Приведу в качестве примера начальника кафедры военных мостов и переправ генерал-майора инженерно-технической службы С. А. Ильясевича, возглавлявшего на фронте инженерную службу крупных войсковых соединений.

Надо сказать, что без военных инженеров не обходилась ни одна армия, начиная с доисторических времен. В этом качестве выступал даже такой великий человек, как Леонардо да Винчи. Он был военным инженером в армии Цезаря Борджиа во время одной из очередных войн, которые в то время велись на территории будущего итальянского государства.

Однако вернусь к более близким временам. Что такое переправа под огнем противника? Вспомним бессмертные строки Александра Твардовского:

*«Переправа, переправа!
Берег левый, берег правый,
Снег шершавый, кромка льда...*

*Кому память, кому слава,
Кому темная вода, —
Ни приметы, ни следа».*

Кто сосчитает, сколько понтонно-мостовых переправ навели саперы Красной армии за время Великой отечественной войны? Эти переправы были сконструированы и рассчитаны военными инженерами ВИА.

А выполненные ими расчеты ледовых переправ и оптимальной стратегии движения по ним транспорта! Сколько жизней спасла «дорога жизни» — единственная ниточка, связывавшая с «большой землей» по льду Ладожского озера блокадный Ленинград!

Большую роль в создании различных фортификационных сооружений непосредственно перед началом Великой отечественной войны и в ее ходе сыграли расчеты на удар и взрыв, в основе которых лежала теория, разработанная И. М., включавшая именно такие практические приложения.

Исаака Моисеевича по праву считает своим учителем не одно поколение отечественных военных инженеров, многие из которых отличились на фронтах Великой отечественной войны, и гражданских инженеров-строителей: все они слушали его лекции или учились по его книгам. Последние давно стали классикой в области статике и динамики сооружений.

В своей книге «Воспоминания. 1904–1974», вышедшей в издательстве «Наука» в 1984 году под редакцией ректора МВТУ им. Н. Э. Баумана академика Г. А. Николаева (в далеком прошлом — одного из его студентов), Исаак Моисеевич приводит

много интересных историй, связанных так или иначе со многими выдающимися отечественными инженерами и учеными, вписавшими свои имена в историю науки и техники: Н. Е. Жуковским, П. Л. Чебышевым, С. П. Тимошенко, Б. Г. Галеркиным, П. А. Велиховым, Н. С. Стрелецким, А. Г. Гагариным. Приведу одну из них.

В последнее время в экспериментальной баллистике начали все больше применяться для аппроксимации реальных орбит ИСЗ с учетом всех возмущений так называемые полиномы Чебышева. Мало кто из современных баллистиков знает историю появления этих полиномов.

Эта история такова. Еще в конце девятнадцатого столетия в связи с потребностями рационального проектирования кулисного механизма паровых машин возникла проблема создания плоского шарнирного механизма, одна из точек которого описывала бы строго прямолинейную траекторию.

На протяжении многих десятилетий ни один инженер или математик не мог ее одолеть. Эту задачу попытался решить профессор Петербургского университета академик П. Л. Чебышев. Не сумев получить ее точного аналитического решения, он сделал математическое открытие, вошедшее в историю математики, позволившее найти очень хорошее приближенное решение: создал так называемую теорию функций, наименее уклоняющихся от нуля (1854). Так появились на свет знаменитые «полиномы Чебышева».

Точное решение задачи пришло неожиданно. Оно было получено одновременно французским военным инженером Поселье и русским студентом Петербургского технологического института Либкиным. Оба решения полностью совпали. Чебышев высоко оценил результат, полученный Либкиным, и даже выхлопотал для него специальную стипендию. Вот как описывает дальнейшие события в своей книге И. М.:

— *Вскоре после того, как указанные авторы изобрели инверсор и он еще не получил широкой известности, на одном международном математическом конгрессе кто-то задал Чебышеву вопрос, не знает ли он доказательства невозможности решения задачи о создании механизма точного направляющего шарнирного механизма. На это Чебышев ответил, что не только не знает, но, наоборот, имеет доказательство такой возможности. При этом он вытащил из портфеля привезенную им модель инверсора. Присутствовавший на конгрессе знаменитый английский ученый лорд Кельвин взял в руки эту модель и долго не выпускал ее; когда же Чебышев захотел забрать ее, Кельвин взмолился, чтобы Чебышев дал ему еще немного продлить удовольствие, которое он получил от «этой чудной вещицы».*

История механизма Либкина–Поселье имела продолжение, связанное с именем другой яркой личности, — А. Г. Гагариным, княжеский титул (который он имел, в отличие от Юрия Гагарина) и принадлежность к тогдашней высшей аристократии не помешали ему стать выдающимся инженером. Ему был обязан своим появлением Петербургский политехнический институт, первым директором которого он был с 1902 по 1907 год.

Гагарин прославился как изобретатель прессы его имени, нашедшего широкое применение во всех лабораториях по испытанию различных материалов на прочность. «Пресс Гагарина» фактически послужил прообразом современных мощных стенов, применяемых в авиации и ракетной технике для статических испытаний конструкционных материалов.

Гагарин сумел также получить точное решение более общей кинематической задачи, чем Либкин и Поселье: он разработал механизм, в котором не одна точка, а целое звено перемещается в плоскости вдоль своей прямолинейной оси. Это решение было опубликовано в 1881 году в Трудах французской академии наук.

А теперь — другая история, имеющая прямое отношение к тематике этой книги, а именно, — к динамическим (частотным) испытаниям различных конструкций. Позволю себе снова привести с некоторыми купюрами выдержку из книги И. М.:

— В моей статье «О связи между состоянием пролетного строения и частотой его собственных колебаний» была высказана следующая идея: собственная частота является интегральной характеристикой сооружения; изменение состояния сооружения, то есть — ослабление каких-либо связей, изменение свойств материала и других характеристик отражается на собственной частоте сооружения. Отсюда рождается идея целесообразности создания специальной машины для определения собственных частот. Машина должна создавать нагрузки, периодически изменяющиеся в возможно более широком диапазоне частот, с тем, чтобы вызвать явление резонанса.

...Один из разработанных по моей идее проектов такой машины был одобрен. Однако его реализации помешало следующее досадное обстоятельство. Профессор Н. М. Беляев (автор известного курса сопротивления материалов), начальник Ленинградской мостостроительной станции, вскоре после того, как он познакомился с идеей вибрационной машины, выехал в заграничную командировку. Будучи в Дюссельдорфе на мостостроительном заводе Лозенгаузена, он поделился с директором этой идеей. На заводе моментально оценили идею и ухватились за нее. Конструкторское бюро завода быстро составило проект машины, и она в рекордный срок была изготовлена на заводе и пущена в продажу, разумеется, без всяких ссылок на автора предложения.

Таким образом, мы потеряли приоритет в изобретении, которое получило распространение в СССР и за рубежом.

И. М. принадлежат следующие пророческие слова: «*Разработка методологии экспериментального исследования и исследования мостов выходит за рамки соответствующих задач; ее можно использовать для исследования любых инженерных сооружений*».

Механические вибраторы именно такого типа широко применяются не только для испытания мостов, но и, наряду с электродинамическими вибраторами, — при наземной отработке объектов авиационной и ракетной техники, при частотных испытаниях, как конструктивно подобных моделей, так и при натурных динамических испытаниях самолетов и ракет.

В частности, обширный цикл частотных испытаний конструктивно подобных моделей блоков А и В тяжелого носителя Н-1, выполненных в масштабах 1:10 и 1:5 соответственно, проведенных в ЦНИИМаш, позволил выявить паразитные люфты и внести ряд уточнений в математическую модель носителя как объекта регулирования.

Большую роль аналогичные испытания сыграли в наземной отработке ракетно-космического комплекса «Энергия – Буран». Симптоматично, что в ходе этих испытаний неожиданно возникла первоначальная идея И. М. применения частотных испытаний в целях дефектоскопии. Не могу отказать себе в удовольствии рассказать подробнее об этой поучительной истории.

Соответствующий дефектоскоп был изобретен моим другом, Семеном Львовичем Цыфанским, который до демобилизации в звании полковника-инженера был сначала старшим инженером авиационного полка в бомбардировочной авиации, а затем в течение многих лет — начальником одной из кафедр Пермского ракетного училища. В описываемый период он, будучи доктором технических наук и профессором, преподавал в Рижском политехническом институте.

Дефектоскоп представлял собой ручной портативный электродинамический вибратор, создававший колебания элементов конструкции, частоту которых можно было менять в широких пределах, настраивая ее на резонанс. При отсутствии дефектов (трещин, некачественной сварки или клепки и т. д.) резонансные частоты одинаковых элементов, соответствующие доминирующим формам собственных колебаний, должны были совпадать. Дефектный элемент определялся по снижению какой-либо из резонансных частот.

Главная изюминка, на которую обратил мое внимание автор, заключалась в следующем. При касании молотком какой-либо точки струнгера и сохранении его прижатым изменялся

закон распределения массы по длине элемента, а следовательно, изменялись собственные частоты. Если последовательно повторять эту операцию для различных точек стрингера, то можно было получить кривую изменения низшей собственной частоты по длине стрингера. В месте дефекта эта кривая значительно отклонялась от соответствующей кривой для целого стрингера, имея ярко выраженный экстремум.

Вибродиагностический прибор использовался в рамках Международного научного проекта Европейского Союза для неразрушающего контроля лопастей ветряных энергоустановок совместно с коллективами ученых Англии (лаборатория им. Резерфорда), Дании, Нидерландов, Болгарии.

Прибор также был внедрен на ряде ведущих авиационно-космических предприятий России: в ЦАГИ — при дефектации силовых элементов конструкции самолета Ил-86, в Рижском отделении ГосНИИ Гражданской авиации — при дефектации самолета Ту-134, в СибНИА, КБ им. Туполева.

По предложению заместителя начальника одного из отделений ЦАГИ, Михаила Сергеевича Галкина, дефектоскоп, изобретенный моим другом, который Галкин назвал «молотком Цыфанского», был испытан им на панелях крыла космического корабля «Буран» разработки НПО «Молния».

С. Л. получил для работы определенное количество одинаковых панелей (не помню сейчас, сколько их было), прошедших дефектоскопию магнитным и рентгеновским методами, которая заняла больше месяца. Панели были пронумерованы, и результаты испытаний каждой из них, не известные С. Л., находились в запечатанных конвертах.

С. Л. со своим помощником провели испытания всех панелей и выявили 7 дефектных, номера которых совпали с номерами панелей, в которых были при предыдущих испытаниях обнаружены трещины. Всего в списке дефектных панелей числилось 8 штук, но в одной (которую С. Л. не удалось идентифицировать) была какая-то особо заковыристая трещина. Вся работа «бригады», вооруженной «молотком Цыфанского», заняла один день!

Вы спросите, какова была дальнейшая судьба этого замечательного дефектоскопа. Так вот, он разделит судьбу тысяч других изобретений, родившихся в процессе создания уникального комплекса «Энергия – Буран», — канул в Лету...

Тем не менее, не все так плохо. Изобретение С. Цыфанского обрело недавно «второе дыхание» и получили дальнейшее развитие в работах, проводимых в Научно-производственном центре РАК под руководством нашего общего с Семеном друга профессора Бориса Петровича Умушкина.

А сам изобретатель? Продолжает работать теперь уже в иностранном государстве, Латвии, возглавляя небольшую фирму «Латинвент», специализирующуюся на изобретении новых различных технологий. Многочисленные изобретения С. Л. Цыфанского, внедренные в народное хозяйство Латвии, перечислены в пресс-релизе *Tsyfansky S. Cavitation technology for production of humus fertilizers. Mini-plant. The new Engineering & New Proposals. Riga.: RTU Publishing House. 2007.*

Однако вернемся непосредственно к теме нашей беседы. Исаак Моисеевич был не просто выдающимся ученым, но и удивительно цельным, высоко образованным и высоко интеллигентным (что далеко не одно и то же!) человеком. Он владел немецким и французским языками (в его время английский еще не был так моден, как сейчас) и был большим знатоком и любителем русской и зарубежной поэзии и литературы. В юношеские годы И. М. писал стихи. Недавно я обнаружил в его архиве стихотворение, относящегося к более позднему периоду его жизни, посвященное исследователям, занимающимся творческой работой, которое было с разрешения автора опубликовано в газете «За строительные кадры». К сожалению, не сохранились год и дата этой публикации. Приведу четверостишие из этого стихотворения, которое можно найти в книге, на которую я ссылался:

*«Поэзия живет у нас в душе,
Но прячется, уйдя в ее глубины,
Как музыка покоится во сне,
На клавишах недвижных пианино...»*

И. М. испытывал огромный интерес к истории науки, особенно — к истории математики и механики. Он очень много труда потратил на поиски портретов всех сколько-нибудь известных отечественных и зарубежных ученых, работавших в области строительной механики, — теории сооружений, как ее называли раньше. У него была огромная библиотека по математике, строительной механике, теории упругости и смежным дисциплинам, которую я в соответствии с его завещанием подарил Ленинградскому инженерно-строительному институту.

Исаак Моисеевич сформировался как личность в бурные годы начала прошлого столетия, в период первых революционных бурь, потрясавших Россию. Не случайно он предпослал своим «Воспоминаниям» следующие строки из Федора Тютчева:

*«Блажен, кто посетил сей мир
В его минуты роковые.»*

Приехав совсем еще молодым человеком в 1904 году в столицу из провинциального города Могилева, он выдержал конкурсные

экзамены, преодолел так называемую «процентную норму» и был зачислен студентом в престижное Императорское техническое училище (впоследствии МВТУ — МГТУ им. Баумана).

Именно во время учебы в ИТУ Исаак Моисеевич увлекся марксистскими идеями и, будучи членом РСДРП, принял активное участие в революционных событиях тех лет. В частности, в 1905 году был одним из руководителей Всероссийской студенческой стачки, а также членом боевой дружины, охранявшей гроб убитого агентом царской охранки Николая Баумана во время его похорон, всколыхнувших всю Москву.

В 1911 году И. М. был арестован и решением «особого совещания» при министре внутренних дел (прообраз будущих не доброй памяти «троек») исключен из Училища без права поступления в другой вуз и приговорен к ссылке под надзор полиции в Олонецкую губернию. Этот период своей жизни он подробно описал в книге «Воспоминания», на которую я уже ссылался.

Приведу еще несколько любопытных фактов из этой книги. И. М. проживал в глухой деревне, где он арендовал комнату в одном из крестьянских домов, причем в условия аренды входили «два самовара» (утром и вечером). Царское правительство выделяло ему на жизнь, как политическому ссыльному, ежемесячно 7 (семь) рублей, еще 5 (пять) рублей присылали родители. Из этой суммы на «квартирплату» уходило 3 рубля. Остальные деньги тратились на книги, которые И. М. выписывал (большая часть), и на питание.

Очень тепло пишет И. М. о местных жителях. В тех местах никогда не было крепостного права, что наложило определенный отпечаток на их характер: это были крепкие мужики, работающие, не пьющие, с чувством собственного достоинства. Можно было думать, что они отнесутся к ссыльному студенту, да к тому же — еврею, по меньшей мере, настороженно. Однако ничего подобного не случилось. Относились селяне к И. М. с подчеркнутым уважением, видя, что он не пьет, что-то все время пишет, то есть, занят какой-то им непонятной, но, по-видимому, важной, работой.

Чтобы выразить свое доброе к нему отношение, говорили: *«Исаак Моисеевич, да не уезжай ты, когда отбудешь срок, оставайся, женись — мы тебе невесту хорошую подберем...»*

Будучи в ссылке, Исаак Моисеевич увлекся научными проблемами, связанными с математикой, механикой, теорией механизмов и машин. К этому периоду относится появление первой его самостоятельной научной работы, опубликованной впоследствии (в 1914 году) профессором Н. Е. Жуковским в журнале, выходившем под его редакцией, «Известия общества любителей

естествознания, антропологии и этнографии. Отделение физических наук».

Во время первой мировой войны И. М. окончил шоферские курсы, и был направлен в Крым, где доставлял раненых солдат из Симферополя, куда они прибывали поездом, в различные госпитали, расположенные на Черноморском побережье. После февральской революции он перевозил по тому же маршруту политкаторжан, выпущенных из тюрем.

Окончить МВТУ Исааку Моисеевичу довелось только в 1918 году, после двух революций. 15 июня 1918 года И. М. получил свидетельство об окончании МВТУ и присвоении ему звания инженера-механика. Темой его дипломного проекта был железобетонный мост с фермами безраскосной системы. Руководителем дипломного проекта был профессор П. А. Велихов. Ныне здравствующий академик В. П. Велихов — его родной внук.

Увлечение наукой привело И. М. к отходу после ссылки от активной политической деятельности и стало делом всей последующей жизни, что, возможно, спасло ему жизнь в годы, когда были репрессированы и исчезли в недрах ГУЛАГа многие его бывшие товарищи по РСДРП...

Исаак Моисеевич никогда не проводил со мной специальной «воспитательной работы», но его живые рассказы, личный пример и обаяние, безграничная преданность своему делу, вероятно, сыграли немалую роль в моем формировании как личности.

Самый главный урок, который я извлек из того, что слышал от моего отца, имеющий отношение к творческому процессу в любой отрасли знания, — это то, что *самым трудным является увидеть задачу и отчетливо ее сформулировать* (вспомним задачу Бернулли о брахистохроне). Эта руководящая идея играла основополагающую роль во всей моей последующей деятельности (не мне судить, сколь успешной она была).

Моя мать, Елена Марковна, урожденная Злобинская, также была незаурядным человеком. Она прошла в качестве военного врача Красной Армии многие фронты гражданской войны, включая Южный и Восточный, и вернулась к мирной жизни, перенесла сыпной тиф, с тяжелой сердечной болезнью, с которой мужественно боролась все последующие годы. Моим родителям я обязан многими своими положительными качествами, увы, очень далекими по масштабу от тех, которыми были наделены они сами. Что же касается отрицательных (их, к сожалению, у меня более чем достаточно), то эти качества имеют другое происхождение.

Семья

— *Если можно, несколько слов о Вашей семье.*

— Моя жена, которая делила со мной в течение долгих лет до своей кончины в 2000 году все трудности моей отнюдь не всегда легко складывавшейся жизни, имела «редкое» имя Наташа (в девичестве Наталья Алексеевна Сапожникова). Много лет, до выхода на пенсию, она работала в качестве заместителя директора киностудии Мосфильм.

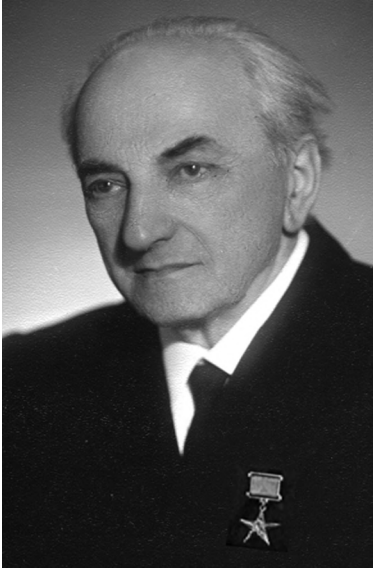
У нас есть сын Александр, 1949 года рождения. Он закончил кафедру океанологии географического факультета МГУ. После двухгодичной военной службы лейтенантом-инженером — военным синоптиком в строевой части ПВО в городе Канске — он проработал в качестве научного сотрудника 20 лет на Сахалине в городе Ново-Александровске, в Институте морской геологии и геофизики (ИМГиГ) ДВО АН СССР, в отделе цунами. Сейчас он доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН.

Я благодарен ему за информацию, связанную с «морскими» проблемами, с которой мы будем неоднократно встречаться в дальнейшем. Может быть, уместно сказать несколько слов о проблеме цунами, которой Александр занимается, наряду с прочими проблемами, имеющими отношение к природным катастрофам (штормовые нагоны, резонансные колебания в заливах и бухтах и прилегающих шельфовых зонах и т. д.), уже много лет.

Все эти явления еще недостаточно хорошо изучены. Не существует методов надежного прогноза и наиболее опасного из них — цунами. Разработка таких методов требует обширных комплексных теоретических и экспериментальных исследований. К глубокому сожалению, все эти исследования (особенно экспериментальные) находятся в нашей стране в критическом состоянии. Ущерб, который это может нанести экономике, невозможно переоценить.

За примерами не далеко ходить: 26 декабря 2004 года уникальное по своему масштабу цунами в Индийском океане произвело гигантские разрушения в прибрежных районах Таиланда, Шри-Ланки и Индонезии и унесло жизни сотен тысяч людей...

Родители



Исаак Моисеевич



Елена Марковна



Супруга — Наталья Алексеевна



С отцом, 1941



С сыном (Канада, 1995)



М. Л. Новиков



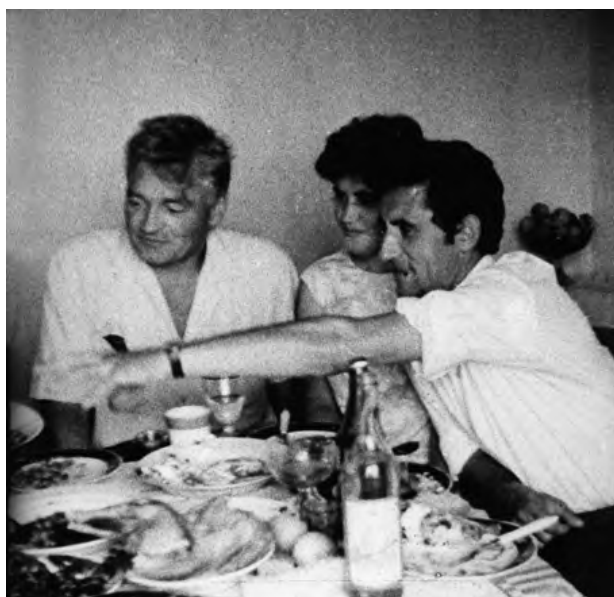
А. Ю. Ишлинский



Д. Е. Охоцимский



Александр Кузьмичев



Александр Кузьмичев и Жак Майоль — «человек-дельфин»,
впервые погружившийся без акваланга на глубину 100 м



Слушатель ВВИА, 1946



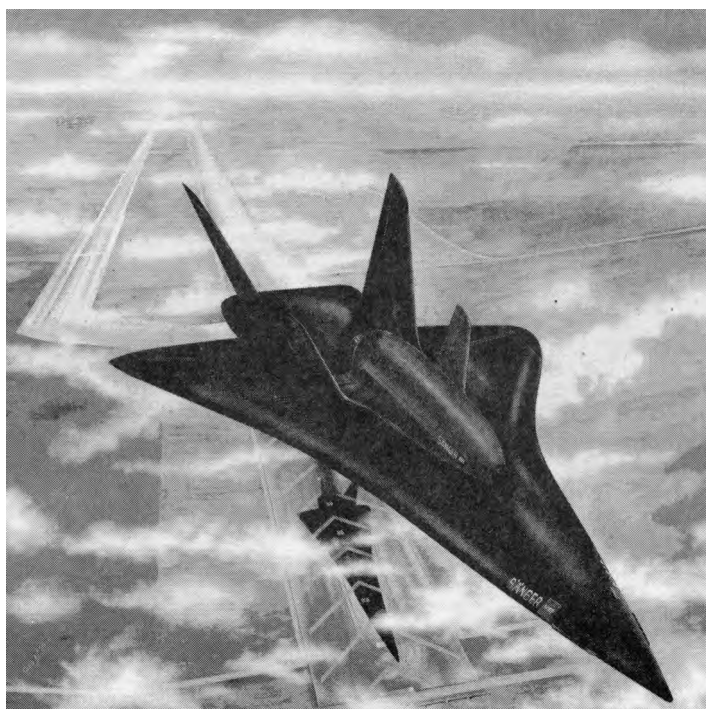
ВВИА им. Н. Е. Жуковского



С друзьями-однокурсниками после окончания ВВИА,
1948 год, Москва: рядом Виктор Альперович, во втором ряду: Владимир
Бирман и Эммануил Лидский

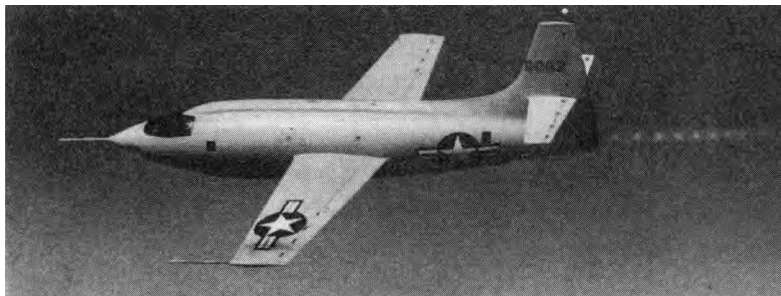


Дальний бомбардировщик с ЖРД
(крылатая ракета Зенгера (проект)), Германия, 1944

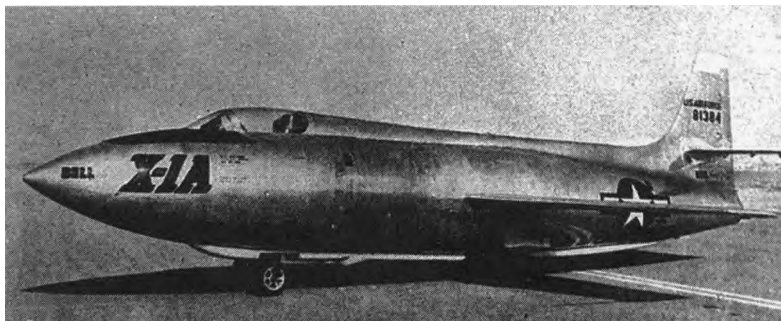


Европейский проект двухступенчатой космической системы **Sänger**

Экспериментальные самолеты с ЖРД (США)

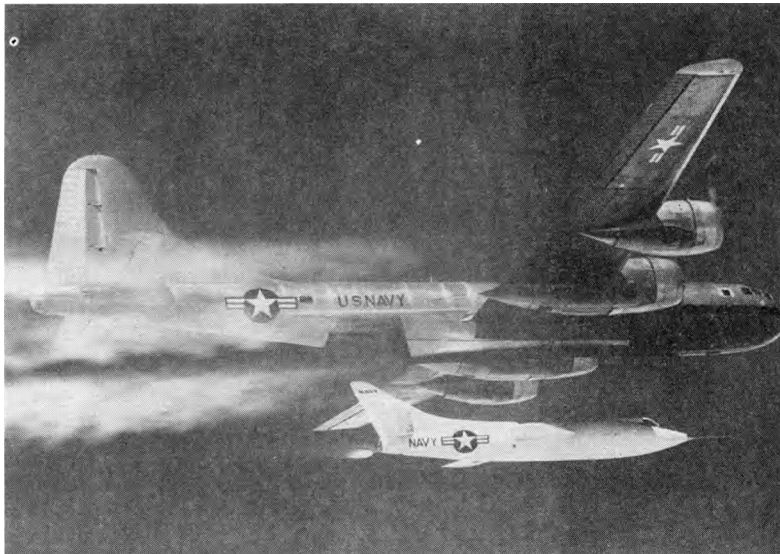


Белл X-1



Белл X-1A

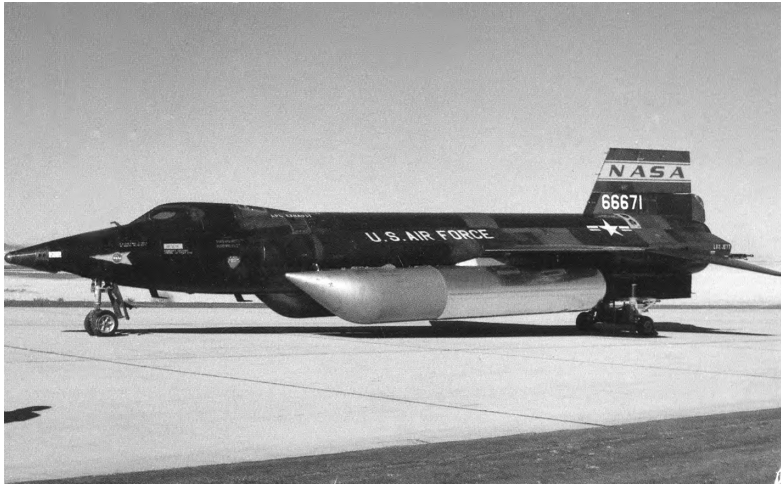
Экспериментальный самолет с ТРД и ЖРД
Дуглас Скайрокет (США)



Сброс с самолета-носителя В-29



После посадки



Экспериментальный самолет с ЖРД Белл X-15 (США)



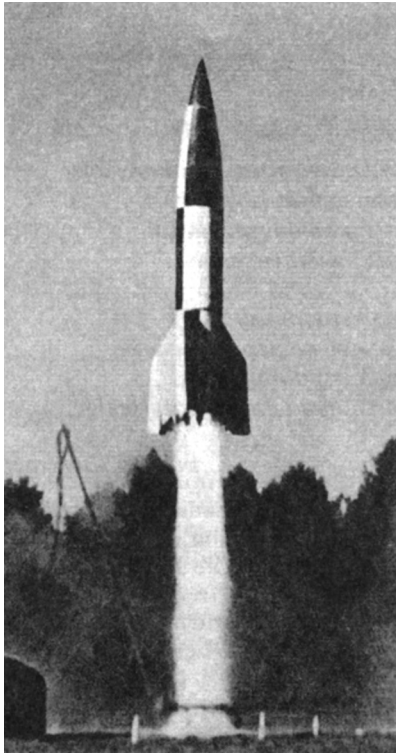
Коммерческая двухступенчатая космическая система Берта Рутуна
White Knight — SpaceShipOne (США) в полете

«КОГДА НА СУД БЕЗМОЛВНЫХ, ТАЙНЫХ ДУМ
Я ВЫЗЫВАЮ ГОЛОСА БЫЛОГО, —
УТРАТЫ ВСЕ ПРИХОДЯТ МНЕ НА УМ,
И СТАРОЙ БОЛЬЮ Я БОЛЕЮ СНОВА.

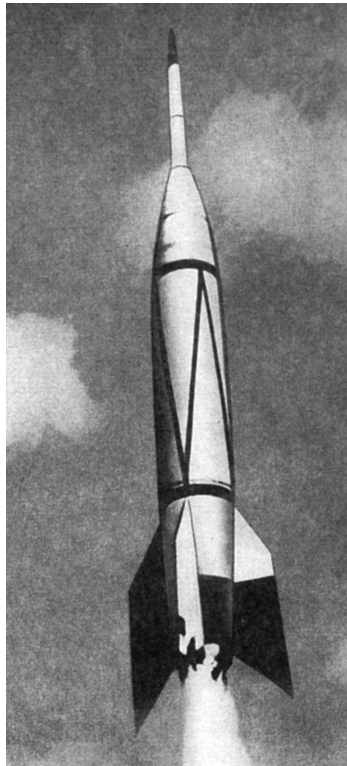
...

Веду я счет потерянному мной
И ужасаюсь вновь потере каждой,
И вновь плачу я дорогой ценой
За то, за что платил уже однажды!»

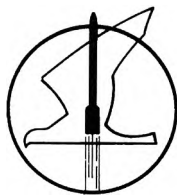
Уильям Шекспир



Ракета А-4 (Германия)
в полете



Ракета А-4 со 2-й ступенью
«Капрал» (США)



НИИ-4 МО
ПЕРВЫЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ
БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ РАКЕТЫ Р-1 И Р-2

Ракета Р-1

— *Борис Исаакович, как проходили Ваши первые шаги в ракетной технике и произошел выбор направления, в котором Вы плодотворно трудились не одно десятилетие?*

Прежде чем найти свою «нишу» в теоретических разработках в области динамики ракет-носителей и космических аппаратов, Вам пришлось участвовать в отработке первых отечественных баллистических ракет и сдаче их на боевое дежурство. Не сомневаюсь, что Ваша память хранит множество ярких воспоминаний, связанных с тем периодом...

— Вы правы. Действительно, оглядываясь назад, я мысленно как бы прокручиваю в обратном направлении фильм, в который умелый режиссер вставил как захватывающе интересные эпизоды, укрепившие меня в мысли, что я правильно выбрал свой жизненный путь (по крайней мере, те его отрезки, на которые мог повлиять сам), так и грустные: *«Потому что во многих мудрости много печали, и кто умножает познания — умножает скорбь»* (Библия. Книга Екклесиаста 1: 16–18).

Было, конечно, и много событий, которые не назовешь иначе как трагикомическими. Выделить из всего калейдоскопа событий достойные упоминания — трудная задача, однако я попытаюсь поделиться некоторыми из личных воспоминаний, которые могут представлять интерес для читателей — наших современников. Для ознакомления с эпопеей создания отечественных баллистических ракет и космических аппаратов я рекомендую читателю многотомное издание *Черток Б.Е.* Ракеты и люди. М.: Машиностроение, 1994–1999, принадлежащее перу одного из активных участников описываемых событий, бывшего в течение многих лет заместителем С. П. Королева, — Бориса Евсеевича Чертока. С ним мне довелось познакомиться только много лет спустя, когда я уже работал в НИИ-88. Это настоящая

энциклопедия событий как чисто технического, так и общечеловеческого характера, связанных с зарождением и последующим триумфальным развитием РКТ в нашей стране.

Новый виток моей жизни начался с того, что я, будучи инженером эскадрильи 121 Севастопольского ГБАП Дальней авиации, успешно выдержал конкурсные экзамены и был зачислен в адъюнктуру (эквивалент аспирантуры) Академии артиллерийских наук. В этом качестве я был прикомандирован для дальнейшего прохождения службы к НИИ-4 Министерства обороны, покинув тем самым родные ВВС и перейдя в другое ведомство. Моим научным руководителем был назначен известный механик Николай Гурьевич Четаев, которому я обязан пробудившимся у меня впоследствии интересом к задачам устойчивости движения.

НИИ-4 был расположен в хорошо знакомом мне месте — в Болшеве, где я начинал свою военную карьеру в качестве курсанта военного училища (это было еще до ВВИА). Я попал в отдел баллистики, который возглавлял тогда инженер-полковник Макс Абрамович Розенберг, сменивший на этом посту незадолго до моего появления в отделе подполковника Георгия Александровича Тюлина.

С Георгием Александровичем жизнь связала меня тесными узами, и наши служебные отношения перешли в дружбу, продолжавшуюся много лет, вплоть до его безвременной кончины (в 1990 году). Однако все это было после и достойно отдельного рассказа.

Отдел баллистики (как, впрочем, и весь НИИ-4 того времени) представлял собой причудливый конгломерат (я имею в виду ведущих сотрудников), состоявший из офицеров-фронтовиков, имевших университетское образование (довоенное) или закончивших Военные академии перед войной, и более молодых офицеров — выпускников в основном Военной инженерной артиллерийской академии им. Ф. Э. Дзержинского. Были и представители ВВС, переквалифицировавшиеся в ракетчиков, в частности, выпускники ВВИА. Все они были интересными людьми, компетентными в своей области, наделенными высокими творческими потенциями, позволившими им быстро включиться в активную деятельность в новой тогда для всех них области механики полета баллистических ракет.

К первой группе принадлежали упомянутые мной Макс Абрамович Розенберг и Георгий Александрович Тюлин, а также Семен Григорьевич Гриншпун и Павел Ефимович Эльясберг, ко второй — Дмитрий Федорович Клим, Александр Давыдович Левин, Игорь Валерьянович Семенов, Георгий Степанович Нариманов. Все (кроме, кажется, Семена Григорьевича) в то вре-

мя, как и я, — инженер-капитаны. С Георгием Степановичем мы — однокурсники и вместе кончали ВВИА. В течение многих лет он был одним из моих близких друзей. То же можно сказать и о Семене Григорьевиче и Павле Ефимовиче.

В какой-то мере я могу всех их также причислить к своим учителям, тесное общение с которыми позволило мне быстро войти в курс многих новых для меня аспектов того, что называлось баллистикой ракет дальнего действия (это «дальнее действие» не превышало 300 км, но это было начало и еще какое начало!).

Вскоре по личному указанию Г. А. Тюлина я был командирован с группой своих коллег на полигон Капустин Яр, чтобы принять участие в испытаниях первой отечественной баллистической ракеты Р-1. Первый пуск этой ракеты, прообразом которой была немецкая А-4 (ее в литературе обычно называют V-2, но это не техническая, а пропагандистская маркировка, происходящая от слова “Vergeltungswaffe” — **оружие возмездия**, придуманная Геббельсом), состоялся за год до моего появления на полигоне, так что я попал в уже отлаженный до некоторой степени механизм. Там мне было чему поучиться, особенно если учесть, что я не имел в то время никакого представления о так называемой экспериментальной баллистике и о многих деталях конструкции самой ракеты и ЖРД, системе управления (СУ) и командных приборах.

Георгий Александрович считал, что настоящий ракетчик, занимающийся (как и он сам) баллистикой и вообще динамикой ракет в широком смысле этого слова, должен иметь достаточно ясное представление о конструкции и функционировании всех основных систем, входящих в ракетный комплекс, включая, кстати, и наземные системы. Все это Георгий Александрович вложил, инструктируя меня перед отъездом, в весьма емкую фразу: *«Поработаешь там и поймешь, что у ракеты, кроме центра масс (законом движения которого традиционно занимается баллистика), есть и еще кое-что».*

На полигоне я впервые увидел некоторых из своих сослуживцев и их гражданских и военных коллег «в деле». Вспоминаю впечатление, которое на меня произвел всесторонний баллистический анализ каждого пуска, в котором ведущую роль играли Павел Ефимович Эльясберг, баллистик из КБ С. П. Королева — тогда еще очень молодой Святослав Сергеевич Лавров, впоследствии член-корреспондент РАН, директор Института теоретической астрономии в С.-Петербурге, и ...инженер-майор Юрий Александрович Мозжорин, в те времена один из офицеров Главного артиллерийского управления (ГАУ). О том, что это мимолетное знакомство было велением судьбы, и что Юрий

Александрович, проявив себя блестящим специалистом во всех областях ракетной техники, станет директором НИИ-88 и оставит большой след в моей жизни, я тогда, конечно, не догадывался.

С тех пор мне не раз приходилось бывать на полигоне в связи с составлением таблиц стрельбы для ракеты Р-1 и испытаниями последовавшей за ней ракеты Р-2. Первая из этих важных задач была возложена на НИИ-4, и при решении ее во всем блеске проявился талант Павла Ефимовича Эльясберга.

П. Е. Эльясберг

Павел Ефимович был замечательным ученым, поразительно сочетавшим университетскую строгость и точность во всем, что касалось математических аспектов его исследований, с ярко выраженной практической направленностью и умением адекватно формулировать чисто инженерные задачи. Это особенно проявилось в период, к которому относилось наше знакомство, когда он увлеченно занимался исследованиями, относящимися к составлению таблиц стрельбы для первой баллистической ракеты Р-1, принимаемой на вооружение.

Фактически получилось так, что он взял на себя наиболее тонкие вопросы, связанные с обоснованием требований к точности, оценкой вероятностных характеристик рассеивания, определением минимального числа пусков, необходимых для получения заданной доверительной вероятности определения баллистических характеристик, и т. д.

В дальнейшем его работы сыграли выдающуюся роль в решении сложного комплекса вопросов, связанных с запуском первого искусственного спутника Земли (ИСЗ). За эти работы П. Е. был удостоен вместе с рядом участников (Г. А. Тюлин, Ю. А. Мозжорин, Г. С. Нариманов и др.) Ленинской премии. Его книги, посвященные теории полета ИСЗ, написанные уже в период работы в Институте космических исследований АН СССР (ИКИ), являются и по сию пору настольными для исследователей, работающих в области расчета и экспериментального определения орбит ИСЗ и КА.

Ему удалось внести основополагающий вклад в теорию оптимизации измерений, используемых для уточнения параметров реальных орбит и выработки оптимальных сеансов коррекции орбит. Этот список можно было бы продолжать очень долго. Помимо всего этого, П. Е. был очень интересным человеком, любившим размышлять над многими философскими проблемами, теорией познания, ролью и местом различных дисциплин в системе образования и т. д.

Во время вечерних прогулок по остывающей после дневной жары бетонке на полигоне в Кап-Яре и, спустя много лет, — в

ходе наших совместных лыжных вылазок, когда я уже работал в НИИ-88 и жил в Калининграде (будущем городе Королеве), мы много беседовали с Павлом Ефимовичем обо всех этих материях. Несмотря на то, что он провел всю войну на фронте, занимаясь нелегким делом ремонта пушек, он не приобрел никаких внешних признаков настоящего военного, скорее — наоборот. Будучи капитаном, когда мы с ним познакомились, и дослужившись до звания полковника, он одинаково безразлично относился к вышестоящим военачальникам, независимо от их воинских званий, не испытывая к ним ни малейшего пиетета. Это их, конечно, не могло не раздражать, но воспрепятствовать этому они не могли.

П. Е. имел странную привычку засыпать на заседаниях Ученых советов, что, однако, не мешало ему вдруг задавать по ходу дела совершенно неожиданные вопросы, свидетельствовавшие о том, что и во сне он продолжал не только воспринимать информацию, но и перерабатывать ее. Это его качество проявлялось иногда и при иных обстоятельствах. Помню, как мы, будучи на полигоне, ехали на какую-то очередную площадку в легковом автомобиле в обществе нескольких военных, один из которых (назовем его N) был в НИИ-4 нашим общим с П. Е. прямым начальником, остальные, как и мы, — его подчиненными. П. Е., по обыкновению, довольно скоро заснул. Тем временем разговор сосредоточился на жалобах N на головную боль и общее недомогание. Дружный хор искренне сочувствовавших и не менее искренне сопереживавших подчиненных неожиданно был прерван репликой П. Е., который произнес, не просыпаясь: *«Пить надо меньше»*.

Сочувствовавшие умолкли, а N обиделся и несколько дней дулся на Эльясберга, на что последний со свойственным ему хладнокровием никак не реагировал. Время все излечило — нанесенная рана благополучно зарубцевалась.

Помимо своих глубоких знаний и творческих способностей, производивших сильное впечатление на всех знавших его людей, он был наделен нетривиальными способностями в областях, весьма далеких от его профессии.

Например, Павлу Ефимовичу был не чужд жанр короткого рассказа. На этом поприще он мог бы вполне состязаться с американским писателем, специалистом по военной тематике, который выиграл конкурс на самый короткий рассказ (не более чем из 100 слов), написав следующее: *«Рядовой Джонс, находясь на лагерных сборах, подпилил доски в полевом сортире, вследствие чего горячо любимый им сержант Смит провалился в выгребную яму. Все остальные 80 слов сержант Смит произнес, вылезая из этой ямы»*.

Так вот, один из коротких рассказов П. Е. звучал так:

— Сидим мы как-то в Тюра-Таме (теперь полигон Байконур) на одной из площадок (он назвал номер) около монтажно-испытательного комплекса (МИК) на скамеечке, вокруг бочки для окурков. Курящие курят, некурящие просто отдыхают после утомительных и совершенно бесполезных словопрений на втором этаже МИКа по поводу какого-то очередного ЧП.

По заведенному сценарию Большие Ученые, прибывшие из Москвы, генерируют на таких посиделках разные научные теории («роют яму в стороне»), полигонные офицеры с благоговением смотрят им в рот, а разработчики лихорадочно прозванивают в самом МИКе электрические цепи на очередном изделии, чтобы найти более прозаическое, но менее удобное для обсуждения, объяснение ЧП, имевшего место при последнем пуске.

И вот появляется подполковник из кадровых офицеров, командир части (а каждая площадка — это отдельная воинская часть). Он медленно следует мимо беседующей около бочки компании, в основном гражданской, включающей пару натуральных академиков (назовем их N1 и N2). Вся эта штатская публика ему глубоко неприятна, так как часто нарушает четкий воинский порядок. Однако приходится ее терпеть — такова служба.

Не глядя на сидящих, а обращаясь просто в пространство, он произносит следующую фразу (сохраняю, по возможности, характерные слова и лексику, заботливо донесенные до меня присутствовавшим при этой сцене П. Е.): «Какой-то интэллгентный гад вх...рил окурков в стэну, а стэна, между прочим, свежеекрашенная!»

«Интэллгентные гады» сначала застыли в молчании, но затем нашли в себе достаточно чувства юмора, чтобы оценить как глубину упомянутого ценного наблюдения, так и изящество формы, в которую оно было облечено.

Или такой эпизод. Мы, небольшая группа офицеров, направляемся в один из дней офицерской учебы в тир, на предмет выполнения зачетного упражнения по стрельбе из пистолета. Сотрудник отдела, связанного с практическими аспектами боевых стрельб, майор Анатолий Беляков, старается зацепить П. Е. с помощью монолога, напоминающего обращение инспектора Лейстреда к Шерлоку Холмсу («Вот Вы, мистер Холмс, развиваете свои умозрительные теории, витая в облаках, а мы, практики, ходим по грешной земле...»).

В интерпретации Толи Белякова это звучит так: «Вы, П. Е., сидите и рассчитываете свои таблицы, а вот, к примеру, начнем сейчас стрелять, и будете Вы попадать в белый свет, как в копейку, поскольку это уже не теория, а практика. А вот мы,

строевые офицеры, покажем Вам и другим технарям, как это делается». Дальше — в том же духе. П. Е. думает о чем-то своем и отмахивается от Толи, как от назойливой мухи. Тот не отстаёт — П. Е. не реагирует.

Наконец, мы на огневом рубеже. Треп заканчивается. Приступаем к делу. Краем глаза вижу, как стоящий рядом со мной П. Е. стреляет с короткими паузами, почти не целясь (так мне кажется), как в современных вестернах, и заканчивает упражнение раньше всех.

Конец стрельбы. Все направляются к мишеням, впереди — кровожадный Толя. П. Е. бредет с унылым видом позади. Он снова занят своими мыслями, и результат стрельбы его, по-видимому, совершенно не интересует. Но каков этот результат! П. Е., оказывается, вlepил почти все пули в девятку и в десятку, оставив далеко позади не только нас, грешных («технарей»), но и «настоящих» строевых офицеров, включая красноречивого Толю, который «поджал хвост» и не скрывает своего огорчения.

Я злобно радуюсь: *«Не хвались на рать идучи, а хвались с рати идучи»*). В ответ на вопрос, почему он скрывал свой необыкновенный талант, П. Е. отмахивается — весь этот, с его точки зрения — детский сад он воспринимает совершенно равнодушно... В этом — весь П. Е. Такая вот зарисовка с натуры.

Е. А. Ананьев

Вспоминая своих коллег по НИИ-4, хотел бы рассказать еще об одном замечательном человеке, Евгении Алексеевиче Ананьеве. В НИИ-4 он появлялся эпизодически, в роли прикомандированного лица, будучи преподавателем кафедры проектирования летательных аппаратов, начальником которой был известный авиаконструктор В. Ф. Болховитинов (это в его КБ начинали когда-то свою проектную деятельность в авиации А. Я. Березняк и А. М. Исаев).

Е. А. был талантливым инженером-исследователем и очень интересным, многосторонне развитым человеком. Был очень остроумен, легко писал стихи, особенно — юмористического характера. Об этой стороне его многогранной деятельности расскажу чуть позже. О своем начальнике он отзывался уважительно — *«Вектор Федорович — это величина и направление»*.

Основным направлением научной деятельности самого Е. А. была проблема так называемой «боевой эффективности». По существу, он одним из первых сумел придать этой проблеме строгую математическую формулировку и превратить исследование боевой эффективности в точную науку.

Наука эта оказалась близкой к исследованию операций, которыми занимались во время второй мировой войны по заданию

правительства, причем независимо от военных, известные американские физики Ф. М. Морз и Дж. Е. Кимбелл (их книга «Методы исследования операций» вышла в 1956 году в русском переводе в издательстве «Советское радио»).

В качестве примера задач, которые они решали, можно привести такую: выбор оптимальной стратегии перевозки военных грузов через Атлантику, обеспечивающей минимизацию потерь от действий немецких подводных лодок. Вопрос ставился так: что выгоднее — формировать крупные конвои с сильным боевым охранением или посылать транспортные корабли мелкими группами, с более слабым охранением.

Творчески используя методы исследования операций, Ананьев придумал новую вероятностную форму критерию успеха при решении поставленной задачи. Его идея оказалась чрезвычайно плодотворной, так как позволяла представить оптимизируемый критерий боевой эффективности в виде произведения вероятностей независимых случайных событий, имевших отчетливый физический (технический) смысл.

В НИИ-4 Е. А. применял свои методы к решению только зарождавшейся тогда новой отрасли ракетной техники — ПРО, но основная его работа, проходившая в ВВИА, была связана с авиацией.

Приведу пример одной из задач, поставленных и успешно решенных Е. А. Проектируется новый истребитель. Как обеспечить максимальную вероятность победы в воздушном бою с примерно равным противником? Что важнее при заданном общем весе самолета — более мощное вооружение, более совершенный прицел, большая скорость, лучшая маневренность? За каждое из этих частных улучшений приходится платить весом. Задача в том и заключается, чтобы найти оптимальный компромисс.

Впоследствии Е. А. так продвинулся в своих исследованиях, что представил их в качестве диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук, которую успешно защитил.

А теперь — несколько слов об его юморесках. Писал он их очень легко и по любому поводу: правила уличного движения, облеченные в стихотворную форму, акт обследования авиационной части («*Порядок на аэродроме почти такой же, как в содоме...*») и др.

Но его любимым жанром были стихотворные отзывы о кандидатских диссертациях, по которым он выступал в качестве официального оппонента. Тут уж он давал волю своему остроумию. Каждый отзыв писался им в двух вариантах: официальном (в прозе) и неофициальном (в стихах). Последний вариант зачитывался на банкете, после успешной защиты.

Иногда он нарушал этот порядок и позволял себе глубоко-мысленные остроты не *после*, а *во время* защиты диссертации, причем не в адрес диссертанта, а в адрес его маститых критиков, и не в стихах, а в прозе. Именно это произошло при защите мной кандидатской диссертации на Ученом совете НИИ-4, одним из официальных оппонентов которой был (в то время уже доктор) Е. А.

Во время его выступления после моего доклада в этом качестве почему-то на него (а не на меня) обратил свой гневный взор один из престарелых патриархов ракетной техники — специалист по ракетным топливам — назову его N.

С не очень понятным раздражением (обиделся на мое недостаточно уважительное по его мнению отношение к его любимым жидким топливам?) он заявил примерно следующее: *«Вот Вы тут хвалили диссертанта за какие-то общие решения, якобы пригодные и для ракет с жидким топливом и для самолетов. Такого в принципе быть не может — одно дело ракета, другое — самолет. Они по разным законам летают!»*

Во время его гневного монолога Ананьев преданно смотрел на N, кивал головой в знак согласия и всячески изображал раскаяние. Когда N выдохся и занял с чувством исполненного долга (защитил свою науку от ереси) свое место, Ананьев, преданно глядя на N и по-прежнему кивая в знак согласия головой, озвучил следующий текст: *«Вот именно, летают по тем же самым законам, между прочим, еще Ньютоном установленным»*. Дискуссия на этом закончилась — «ересь» победила.

Надо сказать, что подобные изощренные формы издевательства Е. А. применял и по отношению к масштабным антиеретическим мероприятиям, проводившимся на государственном уровне. Так, на развернувшуюся в те годы кампанию по борьбе с «безродным космополитизмом» он откликнулся следующей имитацией гневной филиппики трудящихся в стиле Александра Галича в адрес Софьи Ковалевской: *«Сонька — любимая ученица немца Вейерштрасса, известная русская спекулянтка. Мужа в гроб вогнала»*. (Ковалевская действительно втянула мужа в неудачные земельные спекуляции, и он покончил с собой.)

Со времени описанных событий прошло много лет. Я уже был в Киеве, преподавал в Киевском Высшем военном инженерно-авиационном училище (КВИАВУ). Евгений Алексеевич приехал в гости к своей сестре, проживавшей в Киеве. Мы с моим коллегой по кафедре застали Е. А., зайдя к нему в гости, за изучением фамильной реликвии — библии старинного издания, формата “In Folio”. Он был весел, много шутил. Через пару дней Е. А. уехал в Москву.

А еще через две недели наши московские коллеги сообщили, что Евгений Алексеевич Ананьев скоропостижно скончался. Его

нашли мертвым в гараже, сидящим за рулем своей машины. Машина стояла капотом в сторону закрытых ворот гаража. Мотор работал на малом газу. Была зима, и Евгений Алексеевич програвел мотор, сидя за рулем.

Утарный газ действует незаметно: человек внезапно теряет сознание, и спасти его можно только, если оказать ему помощь в течение получаса. Было уже слишком поздно. Он мог жить и жить, и такая нелепая смерть! Бесконечно жаль...

«Потерянные» полтоны

Однако вернемся к полигону. Наиболее отчетливые воспоминания остались именно о моей первой командировке в Кап-Яр. Это — и ранние выезды на стартовую позицию, и ночная работа по расшифровке пленок телеметрии (тогда мы еще делали все это сами — никакого расчетного бюро на полигоне в те времена не существовало), и поездки на Ахтубу, где были отличные места для плавания, и полынный запах степи, отдыхающей после дневного зноя, и многое другое... Рассказывать об этом очень сложно, как и вообще обо всем, относящемся скорее к эмоциональной сфере.

Ограничусь одним эпизодом, наиболее сильно врезавшимся в память, а именно о старте баллистической ракеты, который мне посчастливилось впервые наблюдать в непосредственной близости. Это была ракета Р-1, о которой уже шла речь. Я и несколько таких же легкомысленных (как я понял довольно скоро) энтузиастов задержались на старте после отъезда всех участников подготовки на наблюдательный пункт (НП), расположенный в километрах двух от стартовой площадки, и спрятались в щели метрах в 200 от стартового стола.

Все начальство в это время уже находилось в бункере и готовилось наблюдать оттуда за стартом через перископы. Нас они, естественно, через свои перископы не видели. Мы вылезли из щели на бруствер и устремили взоры на ракету, стоявшую на стартовом столе и «парившую» через открытый дренажный клапан кислородного бака (перед стартом этот клапан закрывается), с волнением дожидаясь запуска двигателя ракеты.

Старт на этот раз прошел, к счастью для нас, вполне успешно (иначе мы бы с Вами сейчас не беседовали). Зрелище это было незабываемое. Ракета плавно отделилась от стартового стола и на несколько секунд замерла, вися почти неподвижно, как бы опираясь на мощную струю газов, вырывающуюся из сопла и образующую своего рода столб почти постоянного диаметра. Потом ракета под аккомпанемент оглушительного рева ЖРД начала сначала очень медленно, а затем все быстрее подниматься вертикально вверх. В какой-то момент она исчезла

из поля зрения, оставив после себя причудливо извивавшийся белый инверсионный след.

Когда мы, продолжая стоять на бруствере, оживленно обменивались впечатлениями, суровая реальность возникла перед нами в образе Георгия Александровича Тюлина, появившегося с другими начальниками из бункера. Увидев нас, он произнес длинный монолог, который, несмотря на университетское образование Г. А., был обильно насыщен ненормативной лексикой. Повторить здесь даже часть этого монолога не представляется возможным. Нужный эффект был достигнут, и на всем последующем этапе своей жизни и деятельности в ракетной технике я ни разу не повторял этот опасный эксперимент, однако в памяти все же основной след оставил эмоциональный подъем и восторг перед великим техническим свершением, свидетелем которого я был, а не та вполне справедливая выволочка, которой все закончилось.

За свою жизнь мне доводилось видеть десятки стартов гораздо более мощных ракет (как правило, на новом полигоне Байконур в Казахстане), но уже с НП, удаленного не менее чем на три километра от старта. Многие из этих стартов (а среди них были и неудачные) тоже хорошо запомнились.

Особенно впечатляющими были запуски, происходившие вскоре после захода солнца при ясном небе. Взлетавшая ракета, исчезающая вскоре из поля зрения, вдруг вспыхивала яркой звездочкой, медленно перемещавшейся по послезакатному потемневшему небу. Это происходило, когда, начиная с некоторой высоты, ее подсвечивали лучи солнца, находившегося за горизонтом. Зрелище было, что и говорить, эффектное, но все же первый старт в моей жизни, да еще увиденный вблизи, остался самым ярким воспоминанием.

Составление первых (!) таблиц стрельбы для ракеты Р-1, принимаемой на вооружение, потребовало длительной работы. Прежде всего понадобилось, по крайней мере, 10 полноценных пусков, каждый из которых надо было привести к «нормальным условиям» (номинальные параметры ракеты, нулевой боковой ветер и т. д.). По ходу пьесы было, конечно, много всяких занятных, обошедшихся, к счастью, без человеческих жертв, эпизодов. Остановлюсь на двух характерных: один был связан с полигонными испытаниями, а другой — с последующими баллистическими расчетами.

На первой стадии я представлял НИИ-4 на мероприятии, которое заключалось во взвешивании ракеты непосредственно перед стартом (за 15 мин) для введения при дальнейших расчетах траектории поправок на отклонение начального веса от номинала. Взвешивание мы осуществляли вдвоем с представителем

полигона, тоже капитаном по званию, фамилию которого я не запомнил.

После окончания всех предстартовых операций, в частности, отсоединения заправочных магистралей, мы спускались в своего рода подвальное помещение, расположенное непосредственно под стартовым столом, трижды снимали с максимальной быстротой показания весов, на которых покоился стол вместе с ракетой, и на их основании потом определяли среднее значение стартового веса ракеты. Надо сказать, что весы отличались по конструкции от тех, на которых взвешивают людей, передвигая по направляющим два грузика, только размером.

Так вот перед очередным пуском, когда мы, сняв показания весов, эвакуировались со стартовой площадки, возникла неожиданная задержка, длившаяся пару часов. Перед стартом было решено снова взвесить ракету, что мы и проделали, обнаружив, к своему удивлению, что не досчитываемся почти полутонны! Ракету все же запустили, все прошло успешно, однако затем последовала неприятная беседа с председателем Государственной комиссии. Им был Александр Григорьевич Мрыкин, в то время инженер-полковник — весьма суровый мужчина, вполне оправдывавший некоторыми своими высказываниями придуманную по этому поводу формулу «*Получить втык в один мрык*».

Мое непосредственное знакомство с А. Г. не было окрашено в радужные тона. Мы с моим полигонным товарищем по несчастью стояли по стойке «смирно» и внимательно выслушивали риторические вопросы А. Г. Звучали они (помню текстуально) так: «*Два офицера, один из которых — кандидат технических наук, не могут взвесить одну ракету! Вы серьезные люди или несерьезные?*» (Осталось непонятым, откуда он узнал, что я кандидат технических наук). Некоторым утешением служило то, что формулу «*Вы серьезные люди?*» («*Вы серьезный человек?*») я уже неоднократно слышал при обращении Александра Григорьевича на заседаниях Госкомиссии к особам более высокого ранга, чем мы, вплоть до генералов.

Много лет спустя мне довелось снова встретиться с этим незаурядным человеком, когда он появился в НИИ-88, уже будучи генерал-лейтенантом, в качестве заместителя Юрия Александровича Мозжорина. У меня сложились с ним вполне корректные отношения (вряд ли он помнил об обстоятельствах нашего знакомства). Вскоре я обнаружил, что за внешним солдафонством (кстати, выполнявшим определенные целевые функции) скрывается прекрасный, широко эрудированный специалист, энтузиаст своего дела, хозяин слова и вообще очень хороший человек, готовый активно помогать незнакомым ему людям, когда речь шла о каком-нибудь редком лекарстве, устройстве в больницу и т. д.

Однако вернусь к описываемому эпизоду. Кончилось все, в конечном счете, вполне благополучно. Оставшись вдвоем с моим коллегой после получения соответствующих руководящих указаний и отъезда всех «имевших отношение» и примкнувших к ним, «отношения не имевших», мы вызвали команду, подчиняющуюся моему товарищу по несчастью, кран и грузовик с чугунными чушками и оттарировали весы. Оказалось, что их ошибка не превышала двух-трех килограммов.

После этого мы отпустили всех наших солдат, которые весело отбыли на грузовике с чушками, и, оставшись вдвоем, погрузились в размышления на заданную тему. Не помню, в какой момент и кому именно из нас пришла в голову догадка, впоследствии подтвердившаяся. Мы решили, что замерз отсечной клапан на верхнем конце магистрали, по которой подавался из заправщика жидкий кислород. В результате после включения вакуум-насоса для откачки жидкого кислорода, оставшегося в магистрали, перед ее отсоединением, было откачено несколько сот килограммов из бака. Нам удалось уговорить соответствующих начальников организовать «следственный эксперимент» с имитацией замерзания клапана.

Как я уже говорил, отрицательными героями описываемой истории были два капитана. Роль положительного героя призван был сыграть третий капитан — офицер ГАУ Андрей Прохоров, «в миру» весьма остроумный человек — автор популярного в упомянутом серьезном учреждении мудрого «Принципа Прохорова» (аналога вариационного «Принципа действия» в механике). Этот принцип формулируется так: *«Подумал — не говори, сказал — не пиши, написал — не подписывай, подписал — откажывайся!»*

В своей новой роли капитан Прохоров отступил от своего принципа и блестяще решил поставленную задачу: в ходе проведенного эксперимента за несколько минут было откачено, как показало последующее взвешивание, около 800 кг жидкого кислорода. Надо сказать, что «расчет», проводивший все операции, связанные с отсоединением магистрали, действовал по штатной схеме, не зная о подстроенной нами ловушке. Инцидент, таким образом, был исчерпан, были проведены соответствующие конструктивные доработки, и больше такого рода ЧП не повторялось.

Другой эпизод, тоже связанный с таблицами стрельбы, относится к совершенно иному жанру. Все алгоритмы приведения результатов каждого пуска к нормальным условиям вырабатывались научными сотрудниками отдела баллистики НИИ-4. Непосредственные расчеты выполнялись расчетным подразделением отдела, включавшим несколько десятков девушек-расчетчиц,

выполнявших свою нелегкую работу на электрических арифмометрах, на тогдашнем техническом жаргоне — «мерседесах» и «рейнметаллах» (по названию фирм-изготовителей).

Так вот мой коллега Дмитрий Федорович Клим, за которым был закреплен учет бокового ветра, отклонявшего ракету на активном участке полета, все время получал вместо «распрявленной» после исключения вычисленных отклонений, связанных с ветровой нагрузкой, еще более искривленную траекторию. Он многократно проверял свои формулы, и мы все принимали в этом участие, но нигде не могли найти ошибку.

Над Климом уже висел Дамоклов меч, а проблема никак не решалась. В конце концов, когда обстановка накалилась добела, Дмитрий Федорович каким-то чудом обнаружил, что все азимуты ветров, которые он получал от метеорологов, даны не по принципу «куда дует ветер», как все мы считали, а «откуда дует», как это принято у метеорологов. Таким образом, во всех расчетах направление ветра было повернуто на 180 градусов. Не удивительно, что боковое отклонение не исключалось при расчетах, а удваивалось!

Вообще, допущенная Д. Ф. ошибка в знаке является, к сожалению, довольно распространенной в расчетной практике. Вспоминаю в связи с этим анекдотический случай, невольным свидетелем которого я стал много лет спустя, уже будучи в НИИ-88.

Мой коллега, замечательный специалист по баллистике, Икар Семенович Ковнер, занимался в то время со своими сотрудниками одной из задач, связанных с разработкой метода оптимального проектирования твердотопливных ракет, явившихся прообразом современных «Тополей». Задача заключалась в выборе оптимальной в определенном смысле траектории выведения.

Результат оказался в высшей степени удивительным: вместо восходящей траектории, постепенно загибающейся в направлении цели, получалась траектория, стремительно загибавшаяся вниз, норовившая нырнуть под землю! Эта противоречившая здравому смыслу траектория повергла всех в полное недоумение. Были даже предприняты попытки подвести под нее какую-то научную теорию.

Однако Икар Семенович быстро эти попытки пресек, заявив, что в чудеса и во вмешательство потусторонних сил он не верит, и повелел всем колхозом искать ошибку. И ошибка, в конце концов, была, конечно, найдена, причем оказалась совершенно тривиальной: в показателе экспоненты, аппроксимирующей изменение плотности воздуха по высоте, вместо знака «-» стоял знак «+», что означало не уменьшение плотности воздуха с высотой, а увеличение!

После исправления знака все встало на свое место: траектория повела себя вполне пристойно, и общая задача оптимизации получила изящное решение, которое было с успехом использовано в практике проектирования и получило высокую оценку разработчиков.

— *Борис Исаакович, насколько мне известно, Вы уже в НИИ-4 начали активно заниматься проблемой устойчивости, ставшей на повестку дня при первых летных испытаниях отечественных ракет с ЖРД. Несмотря на специфические особенности этой проблемы, корни ее, по-видимому, все же следует искать в Вашей прошлой стихии, то есть, в авиации. Прежде чем мы перейдем к ракетам, расскажите, пожалуйста, хотя бы кратко, об этих «корнях».*

— Проблема устойчивости жидкостных ракет фактически унаследована ракетной техникой от двух источников: устойчивости крылатых летательных аппаратов (ЛА), как пилотируемых, так и беспилотных (крылатых ракет), и устойчивости неуправляемых реактивных снарядов. Поэтому естественно, что конструкторы первых жидкостных ракет руководствовались принципами, выработанными в авиации, а в какой-то мере — и в полевой реактивной артиллерии. Некоторые из этих принципов были использованы при разработке в Германии в конце второй мировой войны первой баллистической ракеты с ЖРД А-4.

При дальнейшем развитии ракетной, а затем — и ракетно-космической техники (РКТ) целый ряд конструкторских решений пришлось пересмотреть. Не последнюю роль в этом сыграла проблема обеспечения устойчивости движения. Практически она вылилась в борьбу с новыми формами неустойчивости, появлявшимися при разработке все более мощных объектов РКТ. Это породило целый комплекс новых проблем.

Чтобы проследить генезис этих проблем, действительно целесообразно рассмотреть аналогичные по многим внешним признакам (а иногда — и по физической природе) явления, наблюдавшиеся в авиации на различных этапах ее развития.

Предварительно уместно напомнить о некоторых понятиях, связанных с устойчивостью ЛА. Начнем с простейшей формы неустойчивости. Это явление, аналогичное тому, которое мы наблюдаем у вертикально расположенного маятника, центр масс которого находится выше оси подвеса. Борьбу с такого рода неустойчивостью научились еще на заре развития авиации. Конструкторы первых ЛА, действительно способных летать, снабжали их с этой целью дополнительным оперением (как правило, хвостовым).

Значительно более сложной оказалась проблема так называемой динамической неустойчивости. Последняя проявляется в

колебаниях ЛА с нарастающей амплитудой относительно одной, двух, а иногда — и всех трех строительных осей. Особенно опасный характер носит явление вращения ЛА вокруг оси, близкой к продольной, эквивалентное колебаниями в двух плоскостях, с одновременным, почти вертикальным, снижением ЛА — так называемый штопор. Здесь мы имеем сочетание статической и динамической неустойчивости. В первое десятилетие становления авиации это грозное явление унесло жизни многих пилотов, так как никаких методов вывода из штопора самолета, сорвавшегося в него при превышении критического угла атаки, тогда не существовало.

Честь разработки такого метода принадлежит русскому военному летчику Константину Арцеулову. Первый в мире документально зафиксированный факт преднамеренного ввода самолета в штопор и вывода из него имел место в сентябре 1916 года, когда К. Арцеулов проделал этот маневр на своем самолете «Ньюпор 21». Подробности этой истории описаны в книге Заслуженного летчика-испытателя СССР, Героя Советского Союза, доктора технических наук Марка Галлая (*Галлай М. Л. Жизнь Арцеулова. М.: Политиздат, 1985*).

Однако еще долгие годы приходилось сталкиваться по мере развития авиационной техники с новыми опасными формами штопора, вывод из которого оказывался иногда невозможным. В частности, это относится к так называемому «плоскому штопору». Именно к этой коварной разновидности штопора были склонны американские истребители фирмы Белл «Аэрокобра» (Р-39) и «Кинг Кобра (Р-63), поставлявшиеся США по ленд-лизу в СССР во время Великой Отечественной войны (на первом из них летал наш знаменитый летчик-истребитель, будущий трижды Герой Советского Союза А. И. Покрышкин). Осваивать фронтовым летчикам пилотирование на этом довольно строгом в управлении самолете помогал летчик-испытатель инженер-полковник (впоследствии — Герой Советского Союза) А. Г. Кочетков.

Чтобы подтвердить справедливость рекламаций, относившихся к плоскому штопору, предъявленных фирме Белл, А. Г. Кочетков был командирован в США. На глазах собравшихся многочисленных американских авиационных специалистов он осуществил преднамеренный срыв самолета (это был Р-63) в штопор, который сразу же перешел в плоский, и продемонстрировал невозможность вывода самолета из этого режима, после чего сумел покинуть самолет с парашютом (заметим, что это само по себе было подвигом, так как никаких катапультируемых кресел в то время не существовало).

Помимо восторженной встречи зрителями (а они знали толк в такого рода делах!) благополучно приземлившийся ге-

рой дня был удостоен специальной награды фирмы «Ирвинг», вручаемой людям, воспользовавшимся разработанным ею парашютом в аварийной ситуации (золотой значок, имеющий форму червячка).

С проблемой вывода из штопора пришлось столкнуться при испытаниях первых отечественных реактивных самолетов со стреловидным крылом, в которых Кочетков также принимал участие, в частности, при испытании самолета Ла-15.

Особенно сложная штопорная ситуация, едва не кончившаяся катастрофой, возникла при испытании в декабре 1953 года американским летчиком-испытателем Чаком Игером экспериментального самолета с ЖРД фирмы Белл (снова эта фирма!) X-1A. **Только исключительно высокое летное мастерство позволило ему выйти из аварийной ситуации, которую я уже описывал (см. книгу С. Yeager. *Autobiography General Chuck Yeager*. Leo & Janos. Bantam books. Toronto; N. Y., 1986).**

Говоря о различных формах динамической неустойчивости, следует упомянуть о классической боковой неустойчивости, проявляющейся в совместных колебаниях в плоскостях крена и рыскания ЛА, статически нейтрального в плоскости крена и статически устойчивого в плоскости рыскания. Полное драматизма описание этого явления, возникшего при испытаниях американского экспериментального самолета с ЖРД и ТРД «Скайрокет» фирмы Дуглас гражданским коллегой Игера Уильямом Бриджменом, можно найти в его книге, переведенной на русский язык (*Бриджмен У., Азар Ж. Один в бескрайнем небе*. М.: Воениз, 1959, которую я также цитировал).

Возникает следующий вопрос: что общего между всеми описанными формами неустойчивости ЛА? Ответ на него таков: наличие неконсервативных аэродинамических сил, возрастающих при увеличении скорости полета, так называемых циркуляционных, зависящих от углов атаки и скольжения, и сил отрицательной диссипацией, зависящих от некоторых из компонентов угловой скорости. Все эти силы являются нелинейными, что может приводить в случае динамической неустойчивости к колебаниям с конечной, но недопустимо большой амплитудой.

Большую роль в создании теории этих сложных явлений сыграли исследования отечественных ученых В. В. Пышнова, В. С. Ведрова и многих других. Следует подчеркнуть, что во всех случаях, описанных выше, ЛА мог рассматриваться как твердое, абсолютно жесткое тело (в дальнейшем — просто «жесткое тело»).

В тридцатые годы прошлого века пришлось однако столкнуться с новым, чрезвычайно опасным, видом динамической неустойчивости, связанным с упругими деформациями элементов конструкции, прежде всего — крыла. Это явление получило

название флаттер (от английского слова flutter — трепетать). Оно всегда наблюдалось при превышении некоторой критической скорости полета и приводило к почти мгновенному (в течение нескольких секунд) разрушению конструкции ЛА.

Физическая природа флаттера более сложна, чем динамическая неустойчивость КА как жесткого тела. Это явление объясняется весьма тонкими процессами взаимодействия упруго деформирующихся элементов конструкции с набегающим потоком, изучение которых породило новое направление в механике сплошных сред — аэроупругость.

Характерной особенностью «классического» (не «срывного») флаттера является то, что для его возникновения требуется наличие по крайней мере двух колебательных степеней свободы (изгибно-крутильный флаттер крыла, изгибно-рулевой флаттер хвостового оперения — с изгибом фюзеляжа и отклонением руля высоты), причем наиболее критическая ситуация складывается при равенстве собственных частот соответствующих парциальных систем. Каждый из этих случаев можно интерпретировать как динамическую неустойчивость системы, статически устойчивой по обобщенным координатам.

Особо следует сказать о первом летном испытании самолета на флаттер, проведенном в конце трагических для нашей страны тридцатых годов молодым тогда еще летчиком-испытателем (будущим Героем Советского Союза), который уже упоминался выше в связи с его книгой об Арцеулове, Марком Галлаем. (см. книгу *Галлай М. Л. Через невидимые барьеры*. М.: Молодая гвардия, 1960).

Приведу выдержку из этой книги, дающую яркое представление о том, что такое флаттер:

...Медленно, как ей и положено, ползет стрелка указателя скорости. Удерживаю ее на несколько секунд в одном положении — очередная «ступенька» — и снова мягким увеличением нажима на штурвал посылаю чуть-чуть вперед.

И вдруг — будто огромные невидимые кувалды со страшной силой забарабанили по самолету. Все затряслось так, что приборы на доске передо мной стали невидимыми. Как спицы вращающегося колеса. Я не мог видеть крыльев. Но всем своим существом чувствовал, что они полощутся. Как вымпелы на ветру. Меня самого швыряло по кабине из стороны в сторону — долго после этого не проходили на плечах набитые о борта синяки. Штурвал, будто превратившийся в какое-то совершенно самостоятельное, живое и притом обладающее предельно строптивым характером существо. Вырвался у меня из рук и метался по кабине так, что все попытки поймать его ни к чему, кроме ударов по кистям и пальцам не приводили. Грохот лопающихся

листов обшивки, выстрелы лопающихся заклепок, треск силовых элементов конструкции сливались во всепоглощающий шум. Вот он, флаттер!

...Флаттер прекратился так же внезапно, как начался (это произошло не само собой, а вследствие продуманных заранее мероприятий по автоматическому снижению скорости после потери контроля пилота над самолетом)...

Этот уникальный летный эксперимент, сопряженный со смертельным риском, который удалось успешно провести благодаря тщательной инженерной подготовке и высокому летному мастерству пилота, дал бесценную информацию для проверки теории флаттера и разработки противофлаттерных конструктивных мероприятий.

Теория флаттера, основы которой в нашей стране были заложены будущим президентом АН СССР и «Главным теоретиком космонавтики» М. В. Келдышем, Е. П. Гроссманом и другими выдающимися учеными, продолжает развиваться и совершенствоваться и в наши дни, поскольку каждый новый этап развития авиации, как военной, так и гражданской, грозит рецидивом этого грозного явления.

Пожалуй, стоит упомянуть еще об одном явлении неустойчивости, с которым в авиации столкнулись при переходе к общепринятой теперь трехколесной схеме шасси. Я имею в виду «шимми» переднего колеса. Этим термином называли колебания в поперечном направлении, с амплитудой, нараставшей по мере увеличения скорости самолета при разбеге. Эти колебания носили такой интенсивный характер, что приводили к аварии. Справиться с этим опасным явлением удалось с помощью специальных демпферов, разработанных на основе изящной теории М. В. Келдыша.

С серьезными проблемами динамики и устойчивости пришлось столкнуться при создании первых вертолетов, в частности, с так называемым «земным резонансом», о котором я, может быть, расскажу отдельно.

К сожалению, я не могу останавливаться еще на многих интересных практических задачах устойчивости, имеющих отношение к теме нашего разговора, которые Вы можете найти в следующих книгах: *Рокар И.* Неустойчивость в механике. Автомобили. Самолеты. Висячие мосты. М.: Иностран. лит., 1959; *Болотин В. В.* Неконсервативные задачи теории упругой устойчивости. М.: Физматгиз, 1961.

Переходя к истории становления и развития РКТ, можно констатировать определенную преемственность проблем, связанных с различными видами неустойчивости автоматически управляемых объектов РКТ, и перечисленных выше проблем,

характерных для пилотируемых и непилотируемых объектов авиационной техники. Однако в РКТ появились новые специфические формы неустойчивости, связанные с подвижностью жидкости, частично заполняющей баки, и упругими деформациями элементов конструкции. Все это выдвинуло на повестку дня ряд новых задач, относящихся как к объектам регулирования, так и к системам управления.

Начнем снова со статической устойчивости. На первой баллистической ракете с ЖРД А-4 эта проблема была решена традиционным (не оправданным в данной ситуации, как выяснилось в дальнейшем) способом, а именно, с помощью весьма громоздкого хвостового оперения. Возможно, что ее главного конструктора фон Брауна вдохновил на это решение опыт его отдаленных германских предков, сражавшимися с древними римлянами, применявших, как, впрочем, и их противники, стрелы, снабженные оперением, обеспечивающим устойчивость. То, что это предположение имеет под собой почву, ясно из немецкого термина «*pfeilstabil*», то есть «*стрелоустойчивый*».

Следует заметить, что когда фон Браун много лет спустя получил возможность заняться реализацией своих идей космических полетов — разработкой тяжелой ракеты-носителя «Сатурн-5», явившейся основным элементом американской программы пилотируемых полетов к Луне, то он сохранил на ее первой ступени только рудиментарные остатки хвостового оперения (см. книгу *Braun W. von. Bemannte Raumfahrt. S. Fischer Verlag. Frankfurt am Main, 1968*).

То же хвостовое оперение, что и на А-4, было повторено на первых отечественных баллистических ракетах Р-1 и Р-2. В дальнейшем от него практически отказались, полностью возложив функции обеспечения устойчивости, как статической, так и динамической, на автомат стабилизации, что было вполне естественно (наличие небольшого хвостового оперения у баллистической ракеты Р-12 было исключением).

Некий аналог собственно (статически) устойчивых управляемых объектов появился много лет спустя в образе искусственных спутников Земли (ИСЗ) и космических аппаратов (КА) с одноосной ориентацией, стабилизированных вращением (гироподобная стабилизация).

Fuel sloshing

— *Теперь мы подошли непосредственно к специфическим проблемам устойчивости ракет с ЖРД. Как известно, еще в 50-е годы прошлого столетия при создании первой отечественной баллистической ракеты Р-1 возникла проблема динамической неустойчивости, обусловленная колебаниями жидкого то-*

плива ("Fuel sloshing" по американской терминологии) в баках. То же явление наблюдалось и на ракете Р-2. Над решением этой проблемы, в том числе и для ракет, созданных в последующие десятилетия, билась многие научные коллективы. Когда она, а также проблема влияния упругости элементов конструкции ракет на их устойчивость, впервые дали о себе знать?

Как все эти сложные задачи динамики непрерывных систем преломились в Вашей научной жизни? Кому, на Ваш взгляд, принадлежит решающий вклад в их решение? Сыграли ли в этом какую-либо роль трофейные немецкие материалы (ведь не секрет, что и в советском, и в американском ракетостроении присутствует «немецкий след»)?

— Решение тонких задач динамики, о которых Вы говорите, действительно потребовало долгих лет работы и усилий целых коллективов. Однако сама постановка задач динамики ракет как деформируемых тел, с учетом, в первую очередь, подвижности жидких компонентов топлива в баках, и первые строгие решения этих задач, определившие направление всех последующих исследований, принадлежит Георгию Степановичу Нариманову.

Он внес фундаментальный вклад в решение как линейных, так и нелинейных задач динамики ракет и КА с жидким топливом, и наметил пути учета в соответствующих математических моделях и такого фактора как упругость элементов конструкции. Однако последняя проблема возникла во всей ее полноте только через несколько лет, для Р-1 и Р-2 она практического значения не имела, так что речь о ней впереди.

Что касается влияния подвижности компонентов топлива в баках на динамику и устойчивость жидкостной ракеты, то эта проблема оказалась чрезвычайно актуальной, особенно для мощных баллистических ракет, ракет-носителей (РН) и космических аппаратов, и во многом определила направление моей исследовательской деятельности на много лет вперед.

Возникновение упомянутой проблемы относится к описываемому периоду, и Георгий Степанович был первым, кто высказал предположение, что причиной незатухающих колебаний на частоте порядка 1 Гц, наблюдавшихся при каждом пуске ракет Р-1 в середине активного участка полета (примерно на 1/3 его продолжительности), является подвижность жидкости, частично заполняющей баки. Мысль эта, конечно, возникла у него не сразу, а после того, как были исчерпаны другие возможности объяснить несовпадение результатов математического моделирования с картиной того, что происходило в полете, которую мы систематически наблюдали на пленках телеметрии.

При теоретическом анализе использовалась традиционная модель твердого абсолютно жесткого тела переменной массы.

Автомат стабилизации описывался первоначально некоторой системой дифференциальных уравнений, а потом, чтобы учесть более тонкие нелинейные эффекты, использовалась реальная аппаратура, включая электрогидравлические рулевые машины.

Все эти попытки не дали никакого результата: мы получали при математическом моделировании довольно плавные апериодические переходные процессы с отдельными быстро затухающими всплесками, явно связанными с внешними возмущениями. Ничего общего с колебаниями, внезапно появившимися в полете и также внезапно исчезающими, получить не удавалось. Анализ телеметрии, относившейся к пускам трофейных ракет А-4, показал точно такие же колебания, так что они были явно органическим свойством данной конструкции, а не следствием каких-то индивидуальных особенностей Р-1.

Поскольку амплитуда колебаний газовых рулей, служивших у Р-1 основными управляющими органами, не превышала двух-трех градусов, что никак не сказывалось на функционировании всех систем и на баллистике объекта, на это явление долгое время не обращали внимания. Деятельность динамиков, пытавшихся докопаться до истины, проходила поэтому при благожелательном нейтралитете руководства («безвредное чудачество»).

Исключение составлял Георгий Александрович Тюлин, заместитель начальника НИИ-4 по научной работе, который, будучи не только баллистиком-профессионалом, но и хорошим механиком широкого профиля с университетским образованием, проявлял внимание и интерес к нашим поисковым работам. Я пользуюсь термином «*наши*», имея в виду небольшую группу молодых (в то время) сотрудников отдела, которых Георгий Степанович заразил своим энтузиазмом, в число которых входил и я. Не имея возможности перечислять все перипетии довольно длительной работы, которую нам пришлось провести, изобиловавшей многими разочарованиями и тупиковыми ходами, остановлюсь только на основных ее этапах.

Первый успех был достигнут, когда Нариманов сумел при вполне оправданных допущениях (кинематическое граничное условие на свободной поверхности жидкости, отождествлявшее ее с плоскостью, совершающей малые угловые колебания), получить впервые приближенную математическую модель ракеты, учитывающую подвижность жидкости в баках. В этой модели, естественно, появились при описании плоского движения ракеты две дополнительные степени свободы, соответствовавшие двум присоединенным маятникам.

Так вот, собственные частоты этих эквивалентных маятников при тех значениях осевой перегрузки, которые соответствовали подозрительному участку траектории, были очень

близки к частоте незатухающих колебаний, наблюдавшихся на этом участке. Это вселяло определенную надежду на то, что мы находимся на правильном пути. Выполненное теоретическое исследование Георгий Степанович использовал в качестве дипломной работы на мехмате МГУ, который он в то время заочно заканчивал.

Г.С. Нариманов

Мне вспоминается такой занятный эпизод. Одним из последних экзаменов, который должен был сдавать в МГУ Георгий Степанович, был экзамен по истории механики. Принимать его должен был профессор мехмата (и одновременно профессор ВВИА) Николай Дмитриевич Моисеев, довольно широко известный как один из авторов «Технической теории устойчивости», весьма популярной в РКТ среди разработчиков систем управления.

Николай Дмитриевич ходил на костылях из-за какой-то хронической болезни позвоночника, что не мешало ему иметь воинское звание инженер-полковника. В этом последнем качестве и в силу некоторых особенностей его характера, отчасти объяснимых болезнью, он имел, мягко говоря, прохладные отношения с командованием Академии. Свою неприязнь к последнему он автоматически переносил на всех военных вообще.

И вот однажды, когда он беседовал на кафедре с одной из сотрудниц (или аспиранток — точно не помню) — Ириной Александровной Тюлиной, сестрой Г.А. Тюлина (впоследствии довольно известного авторитета в области истории механики), перед ним возник молодой старший техник-лейтенант (воинского звания инженер-старший лейтенант тогда еще не существовало) с академическим значком. Это был Георгий Степанович.

Встретив неожиданного посетителя с явной неприязнью и выяснив, зачем тот пожаловал, Моисеев сказал текстуально следующее: *«Ирина, подождите меня, пожалуйста, несколько минут. Я быстро поставлю этому молодому человеку двойку, после чего мы продолжим разговор»*. Затем он пригласил Нариманова проследовать в соседнюю аудиторию, чтобы юридически обосновать обещанную оценку.

Ирина была немного удивлена, когда беседа инженер-полковника от механики и старшего техника-лейтенанта, как потом выяснилось, также не чуждого этой науке, сильно затянулась. Но еще больше она удивилась, когда узнала, что Г.С. получил «отлично» и вдобавок весьма лестный отзыв от Моисеева (последний был строг, но справедлив).

А вот другой эпизод, отделенный от первого несколькими десятилетиями. Мы, выпускники инженерного факультета

ВВИА 1948 года, присутствуем на банкете по поводу какой-то годовщины нашего выпуска. Наш бывший начальник курса (не-что вроде «дядьки») инженер-подполковник (в то время уже от-ставной) Иван Степанович Бердинских, немного выпив, движет-ся вдоль столов, образующих букву «П», произнося разные про-чувственные слова, обращенные к тому или иному из сидящих за столом бывших его подопечных, как правило, полковников.

И вот доходит очередь до Г. С., который уже генерал, лауреат Ленинской премии, обладатель двух ромбиков — академическо-го и университетского и многих орденов. Г. С. обычно ходил в штатском (в то время он был уже заместителем директора ИКИ АН СССР), но по случаю, так сказать, военного мероприятия был в форме. Когда он попал в поле зрения отставного началь-ника, тот остановился и произнес длинный монолог, в ходе ко-торого чуть не прослезился.

Говорил он примерно следующее: *«Жора, вот ты теперь генерал и лауреат и пр., а ведь это я тебя человеком сделал. Ведь сколько раз ты пропускал лекции, опаздывал на занятия по строевой подготовке и вообще сачковал. А я тебе все прощал, потому что чувствовал...»* и дальше — в том же роде. Георгий Степанович вежливо улыбался, все остальные, наблюдавшие эту сцену, от души веселились. Как давно все это было...

Георгий Степанович был очень яркой личностью. Мне труд-но объективно писать об этом замечательном во всех отноше-ниях человеке, потому что он был в течение многих лет одним из моих ближайших друзей. Лучше будет, если я просто приведу несколько фрагментов из адреса, который был ему преподнесен друзьями и неизменными поклонниками его многочисленных талантов в день его 60-летия.

— Некоторые из нас знают Вас не один десяток лет, дру-гие — в течение более короткого времени, но все хорошо знакомы с Вашими замечательными исследованиями в области динамики жидкостных ракет и космических аппаратов. Ваши основопо-лагающие работы, изящные по форме и глубокие по содержанию, заложили прочный фундамент в здание научно-обоснованного проектирования сложных объектов ракетно-космической тех-ники, которое все больше разрасталось вишьрь и ввысь. Число Ваших учеников и последователей, участвовавших в монтаже этого здания, уже давно не поддается учету, но мы льстим себя надеждой, что принадлежим к их числу и в свое время также вло-жили в это здание несколько кирпичиков.

С большим волнением вспоминаем тот канувший в Лету период великих свершений, после которого упомянутое здание начало все больше уподобляться Вавилонской башне. Судьба ее широко известна и довольно печальна:

«...И сказал Господь: вот, один народ, и один у всех язык, и вот что начали они делать, и не отстанут они от того, что задумали сделать. Сойдем же, и смешаем там язык их так, чтобы один не понимал речи другого. И рассеял их Господь оттуда по всей земле; и они перестали строить город...»
(Библия. Бытие 11:1–8)

Однако обратимся к более близким нам материям, благо Ваши прекрасные человеческие качества дают для этого обширный материал. Мы имеем в виду широту Ваших интересов, перекрывающих диапазон от космических исследований до камерной музыки и от тонких вопросов математического анализа до секретов женской красоты. Последняя тема могла бы быть предметом особого рассмотрения во всем многообразии ее широких фундаментальных и прикладных аспектов, но подходящий для этого момент еще не настал. Нельзя не сказать и о присущих Вам верности и обязательности, которые проявляются не только в отношениях к друзьям, но и к мало знакомым людям...

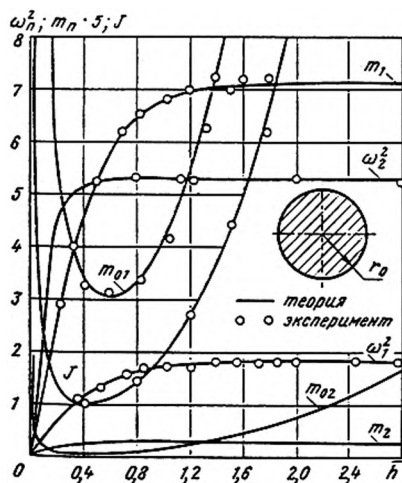
«Ну и что?»

Для всех участников группы, о которой я говорил, предложенная Наримановым новая математическая модель явилась мощным стимулом для продолжения работы в том же направлении. В частности, я сам именно в этот период начал все больше переключаться от чисто баллистических задач на проблему всестороннего учета влияния подвижности жидкости в баках на динамику ракеты.

Вдохновленный работой Георгия Степановича, я поставил перед собой задачу попытаться согласовать наблюдаемую в полете картину с законами механики, исходя из решения обратной задачи динамики: по заданному движению системы найти действующие на нее силы. Мне удалось решить эту задачу в строгой постановке — с динамическим граничным условием на свободной поверхности жидкости, то есть с полным учетом волновых движений.

Обработав заново всю телеметрию с учетом дополнительных гидродинамических сил, вычисленных по известному движению корпуса, мы получили очень хорошее согласование суммы сил и моментов, действующих на корпус, с изменением его количества движения и кинетического момента в возмущенном движении. Надо сказать, что соответствующие дополнительные силы, которые мы теперь учли, превышали сумму всех прочих сил (аэродинамических и управляющих), которые принимались во внимание до этого. Стало понятным, почему баланс сил у нас раньше не сходился.

Полученный результат был важным барьером, который нам удалось взять. Но впереди нас ждал поистине сенсационный результат, полученный Георгием Степановичем. После успешной защиты своей дипломной работы в МГУ, он вернулся на новом уровне к той же проблеме и впервые получил адекватный инструмент для решения прямой задачи динамики, а именно — полную математическую модель системы корпус – жидкость в баках без каких-либо упрощающих предположений, кроме линейности задачи и идеальности жидкости. Оба эти предположения прекрасно вписывались в расчетную схему изучаемого объекта. Г. С. вывел простые аналитические формулы для цилиндрических баков с плоскими днищами, которые позволили рассчитать коэффициенты этой модели, связанные с гидродинамическими силами.



Квадраты частот ω_n^2 и присоединенные массы m_n , m_0 первых двух тонов собственных колебаний жидкости и присоединенный момент инерции J в цилиндрической полости в зависимости от глубины жидкости h

Оставалось провести математическое моделирование возмущенного движения системы корпус – жидкость – автомат стабилизации на базе новой математической модели. Можно представить себе, с каким волнением мы ждали результатов. А они оказались следующими: практически точно в той области активного участка, на которой наблюдались в полете незатухающие колебания, система оказалась динамически неустойчивой «в малом», причем на частотах, очень близких к экспериментальным, а вне этой области — устойчивой.

Это был настоящий триумф, который был должным образом оценен специалистами, в первую очередь, Г. А. Тюлиным, но не вызвал особого энтузиазма в некоторых других сферах,

общее отношение которых к выявленному новому эффекту сводилось к формуле: «ну и что?». Смысл этого «ну и что?» был в том, что ракета летает, и слава Богу! Колебания имеют сравнительно малую амплитуду и никому не мешают, а что служит их причиной, может в большей степени интересовать ученых, чем разработчиков и военных.

От наших предупреждений, что на новых объектах все может оказаться значительно хуже и с этим явлением надо бороться уже сейчас, просто отмахнулись. Это «ну и что?» было потом оплачено очень дорогой ценой, но быть пророком в своем отечестве дело во всех случаях неблагодарное, а иногда и опасное.

Тем не менее, жизнь продолжалась, и выявлялись все новые аспекты упомянутых проблем. В частности, нам стали известны очень интересные результаты, которые получил в этой области будущий академик, Дмитрий Евгеньевич Охочимский, работавший тогда в отделении прикладной математики Института математики (МИАН) АН СССР им. В. А. Стеклова. Этого замечательного механика, которого я считаю одним из своих учителей, к сожалению, уже нет в живых.

На основе работы, описанной выше, я защитил кандидатскую диссертацию. Для меня было большой честью то, что, когда несколько лет спустя работы по этой тематике рассекретили, моя статья была опубликована (в 1956 году) в том же номере журнала «Прикладная математика и механика», что и статьи Дмитрия Евгеньевича и Георгия Степановича.

Последний, продолжая свои исследования, получил решение нелинейной задачи, открыв тем самым путь к расчету амплитуд колебаний корпуса и управляющих органов при «немалых» колебаниях жидкости. Затем он нашел очень хорошее решение (используя концепцию теории длинных волн) для вращающегося объекта с цилиндрической полостью, содержащей жидкость. Это решение впоследствии сыграло большую роль в исследовании динамики космических аппаратов, стабилизированных вращением.

Получив много лет спустя доступ к работам, проводившимся в США, мы с удивлением обнаружили, что американские ученые и разработчики шли путем, поразительно близким к нашему. Вообще литература в этой области является сейчас практически необозримой. Однако все это произошло «потом». Что же касается *практических* (я подчеркиваю это слово) аспектов упомянутых проблем, по крайней мере, в нашей стране, то у их истоков лежат работы Георгия Степановича Нариманова. По его книгам учились и продолжают учиться инженеры и ученые, посвятившие себя этой захватывающей области техники, а автора, увы, давно уже нет в живых...

В отношении «немецкого следа» — никаких намеков на то, что разработчики ракеты А-4 (V-2) и ее модификаций знали о влиянии жидкого заполнения (не говоря уж об упругости корпуса) на динамику и как-то эти факторы учитывали, мы в трофейных материалах не обнаружили, несмотря на тщательное их изучение. Не было такого рода материалов и в трудах институтов «Нордхаузен» и «Берлин». Так что могу со всей определенностью утверждать: в решении задач, о которых идет речь, «немецкий след» отсутствовал.

Хочу упомянуть еще об одном моем друге и сослуживце по НИИ-4 Семене Григорьевиче Гриншпуне, с которым мы снова встретились в начале 60-х годов прошлого века в НИИ-88, куда его пригласил, став директором, Г. А. Тюлин. Семен Григорьевич возглавил в НИИ-88 важное новое направление, связанное с развитием отечественных ракетных комплексов. Теоретические основы стратегии их построения были изложены в его докторской диссертации. К сожалению, его тоже уже нет в живых. Все больше старых друзей уходит...

Ракета Р-2

Чтобы не заканчивать на минорной ноте, скажу в заключение несколько слов о ракете Р-2. Это была уже полностью отечественная баллистическая ракета с дальностью полета, вдвое превышающей аналогичную характеристику для Р-1. Появился новый, по существу, ЖРД конструкции отечественного двигателя № 1, Валентина Петровича Глушко, с тягой приблизительно 35 тс, работавший на более эффективном горючем (96 % этиловый спирт вместо смеси 75 % этилового спирта и 25 % воды). Были также внесены некоторые принципиальные изменения в конструктивно-компоновочную схему ракеты и усовершенствована система управления (включая и командные приборы).

ПЕРВЫЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ РАКЕТЫ Р-1 И Р-2

Основные характеристики

	Р-1	Р-2
Максимальная дальность стрельбы, км	270	576
Начальная масса ракеты, кг	13 430	20 300
Масса головной части, кг	1075	1500
Масса незаправленной ракеты, кг	4030	4460
Масса компонентов топлива (жидкий кислород, этиловый спирт, перекись водорода), кг	9400	15 840
Тяга двигателя на земле, кгс	27 200	37 000
Удельный импульс ДУ на земле, с	206	210

Остановлюсь на конструктивно-компоновочной схеме. В отличие от Р-1 на Р-2 один из баков (горючего) был включен в силовую схему корпуса — тогда и появился новый термин «несущие баки». Кроме того, впервые в отечественной (а по-видимому, и в зарубежной) ракетной технике на Р-2 была применена отделяющаяся головная часть. Правда, классическая схема БР с несущими баками, как горючего, так и окислителя, и почти без хвостового оперения — была еще впереди. Впервые, если мне не изменяет память, она была применена на ракетах Р-5 С. П. Королева и Р-12 М. К. Янгеля.

Подобная конструктивно-компоновочная схема в совокупности с применением для управления верньерных или маршевых ЖРД стала классической и использовалась почти на всех БР следующих поколений, как отечественных, так и зарубежных.

Создание ракеты Р-2 стало в каком-то смысле экзаменом на зрелость всех многочисленных коллективов разработчиков, участвовавших в ее создании. Это касалось и нашего небольшого коллектива. Изучая динамику ракеты Р-2, в частности, анализируя результаты летных испытаний, мы столкнулись со многими уже знакомыми нам явлениями, в том числе и с динамической неустойчивостью «в малом», связанной, как мы тогда уже точно знали, с подвижностью жидкости в баках.

Но к этому моменту мы уже обладали большими знаниями и были вооружены адекватными математическими моделями и методами анализа экспериментальной информации. Большие успехи были и у наших баллистиков. Все это помогло НИИ-4 сильно укрепить свои позиции в этих областях, а в некоторых вопросах обеспечить себе ведущее положение.

К глубокому сожалению, у меня не сохранились фотографии моих сослуживцев по НИИ-4, относящиеся к описываемому периоду. Постараюсь в какой-то мере восполнить этот пробел, приведя более поздние фотографии некоторых из тех, с которыми судьба тесно связала меня прочными узами на долгие годы.

Вспоминает М. М. Бордюков

— *Я позволю себе нарушить принятый стиль повествования и предоставлю слово действующему ученому секретарю НИИ-4 генералу Михаилу Михайловичу Бордюкову, который начал свою карьеру в этой организации вскоре после того, как герой повествования ее покинул, как мой собеседник.*

— Каждый человек формируется и реализует себя в силу своей генетики (что есть, то есть) и под влиянием других людей: родителей, учителей в школах всех уровней, а также многих окружающих и сопутствующих ему во всевозможных качествах и комбинациях.

К людям, в разные периоды моей жизни служившим для меня ориентиром и, в определенном смысле, эталоном деятельности и поведения, относится и Борис Исаакович Рабинович, сегодня — главный научный сотрудник Института космических исследований Российской академии наук, а раньше... Вот кое-что из того, что было раньше. Очень давно. И не вообще, а в сугубо личном плане.

Сначала мое знакомство с Б. И. Рабиновичем было почти заочным, во всяком случае — односторонним. Оно состоялось намного раньше, чем мы впервые встретились в небольшом кабинете Г. С. Нариманова, бывшего тогда, в 1955 году, начальником отдела в НИИ-4. С тех пор прошло более 43 лет.

А лет за пятнадцать до этого, незадолго до войны, в возрасте, близком к «первоклассному», от моего отца, преподавателя Военно-инженерной академии (ВИА) им. В. В. Куйбышева, я уже знал о профессоре этой же академии И. М. Рабиновиче, ученом с большими заслугами и большими человеческими достоинствами. Несколько раз видел его на первомайской демонстрации или даже на торжественных собраниях в ВИА, к которым тогда было принято приобщать подрастающее поколение. С той поры, со слов, а однажды — по мимолетному личному впечатлению запомнился «сын профессора И. М. Рабиновича», «выпускник школы» или «уже студент», но так или иначе «очень толковый и способный юноша».

Еще лет через десять в Московском энергетическом институте на лекциях профессора М. Г. Слободянского по теоретической механике я снова «соприкоснулся» с Б. И. Рабиновичем, уже в профессиональном контексте. Этот эпизод не имел бы прямого отношения к сегодняшней теме, если бы впоследствии именно Б. И. (не помню, в связи с чем) не отзывался очень уважительно о М. Г. Слободянском, с которым, оказывается, был знаком.

Наконец, попав после окончания Военной академии им. Ф. Э. Дзержинского в 1954 году в баллистический отдел НИИ-4, я узнал, что совсем недавно в Институте работал Б. И., что у него здесь много друзей, а разработанный им обобщенный вариант уравнений динамики ракет с жидким наполнением и упругим корпусом успешно используется в Институте параллельно с «классическими» уравнениями Г. С. Нариманова при моделировании динамических процессов управляемого полета ракет на аналоговых электронных вычислительных машинах.

Год спустя Борис Исаакович начал преподавать в Киеве в КВИАВУ и восстановил связи с Москвой и Болшевым, после чего и состоялась наша первая встреча, о которой я упоминал выше. В последующий период мы неоднократно виделись с Б. И., изредка обменивались письмами. А в 1960 году Б. И. демобилизовался и переехал в город Калининград, начав работать в НИИ-88. С этого момента мы уже более предметно сотруднича-

ли, решая общие задачи из области динамической устойчивости создававшихся тогда баллистических ракет, в частности, «изделий» днепропетровских и харьковских разработчиков — Р-12 и ее «близких родственников» Р-16 и Р-14.

Было немало и других систем и задач, решавшихся теоретическими, расчетными и экспериментальными методами как в лабораторных, так и в полигонных условиях. Здесь нет нужды говорить о деталях. Они хорошо отражены в отчетах по НИР, монографиях Б. И. Рабиновича и его коллег, а также в более поздних научных публикациях.

Возвращаясь к периоду работы Б. И. в НИИ-4, стоит напомнить, что он был тогда в числе первых адъюнктов Института. Научные школы еще только закладывались, кандидатов наук можно было пересчитать по пальцам, а докторов всего было двое. Институт как бы сам был «в адъюнктуре», и это надо признать полноценным и эффективным периодом научного становления: к концу 1950-х годов количество кандидатов и докторов заметно увеличилось, по ряду научных направлений Институт стал очень авторитетной организацией.

Свой вклад он вносил не только в решение научно-технических задач, но и в подготовку высококлассных специалистов, успешно использовавшихся за его пределами. Масштабы этого вклада 4 ЦНИИ (такое название получил Институт с 1989 года) за его 50-летнюю историю характеризуются числом докторов наук, близким к ста, а кандидатов — более тысячи. Характеристикой научных кадров Института может служить деятельность его бывших сотрудников, большинство из которых продолжало активно трудиться на научно-исследовательском, научно-организационном или преподавательском поприщах.

Все эти виды деятельности в полной мере относятся к Б. И. Рабиновичу, покинувшему НИИ-4 в довольно ранний период своей научной карьеры. Вернувшись в ВВС, он тем не менее продолжал делить с Институтом и его людьми свои творческие и общечеловеческие интересы. Это же относится и ко многим другим сослуживцам Б. И. по НИИ-4, перешедшим в родственный НИИ-88 (впоследствии ЦНИИМаш) на самые разные должности. Среди них были Г. А. Тюлин и Ю. А. Мозжорин, поочередно возглавлявшие этот головной институт ракетно-космического ведомства. Бесценными членами диссертационных советов 4 ЦНИИ остаются его бывшие сотрудники В. И. Лукьященко и Р. И. Браславец. Немало заслуженных и активных ученых ЦНИИМаш защищали свои докторские диссертации не в 4 ЦНИИ, но, работая в нем, сделали немало, оставили о своих делах добрую память и числятся в нем своими. К ним относятся, например, И. К. Бажинов, Ю. А. Борисевич, В. Д. Ястребов.



П. Е. Эльясберг



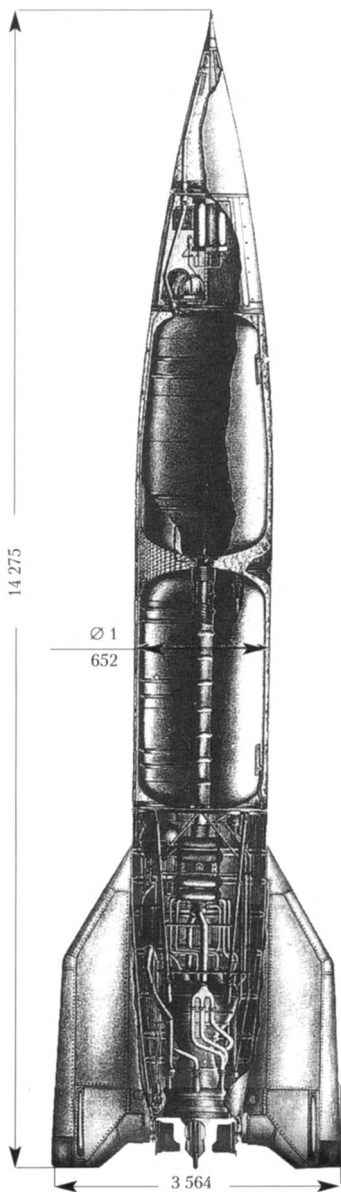
Г. С. Нариманов



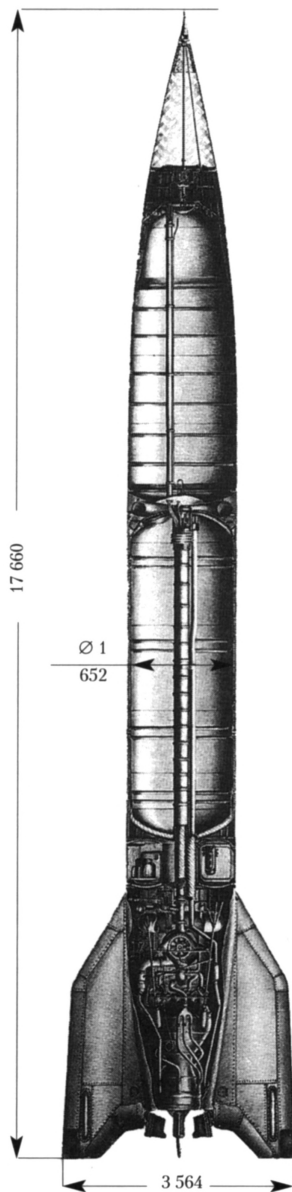
Г. А. Тюлин и Ю. А. Мозгорин



М. М. Бордюков и А. Д. Брусиловский



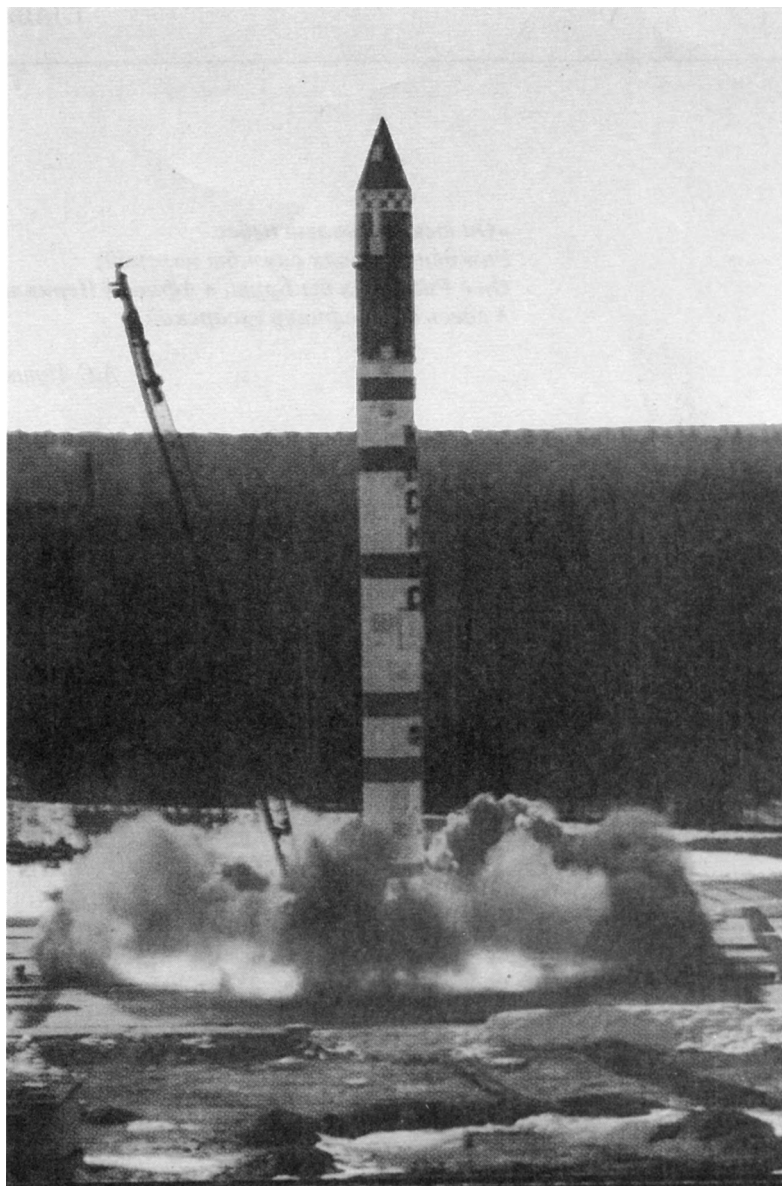
Первая отечественная
баллистическая ракета Р-1



Ракета Р-2

«ОН ВЫШНЕЙ ВОЛЕЮ НЕБЕС
РОЖДЕН В ОКОВАХ СЛУЖБЫ ЦАРСКОЙ;
ОН В РИМЕ БЫЛ БЫ БРУТ, В АФИНАХ ПЕРИКЛЕС,
А ЗДЕСЬ ОН — ОФИЦЕР ГУСАРСКОЙ».

А. С. Пушкин



Старт ракеты-носителя «Космос»



ПЕРВОЕ ЧВАУ, КВИАВУ.
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ АН УССР.
НОВЫЕ ЖИДКОСТНЫЕ РАКЕТЫ
И НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Оренбург, Соль-Илецк, Киев

— *Борис Исаакович, как складывалась Ваша жизнь и научная деятельность после НИИ-4?*

— После окончания адъюнктуры, на протяжении которой я фактически выполнял обязанности научного сотрудника НИИ-4, и защиты кандидатской диссертации я, в силу ряда обстоятельств, снова вернулся в 1953 году в родные ВВС. На этот раз я отправился в город Чкалов (ныне — Оренбург) в качестве преподавателя теории полета в 1-е Чкаловское военное авиационное училище летчиков (ЧВАУ). Это училище, между прочим, закончил Юрий Гагарин, но поступил он в ЧВАУ в качестве курсанта, когда меня там уже не было.

О годах, проведенных в Оренбурге и в Соль-Илецке, где дислоцировался один из учебных авиаполков (полк боевого применения), я вспоминаю с ностальгическим чувством, несмотря на нелегкие условия жизни и службы (особенно сложно было в Соль-Илецке — городе, который фигурирует в «Капитанской дочке» А. С. Пушкина под старым названием «Илецкая защита»). Тому же великому поэту принадлежат и строки, которые выбраны эпиграфом к этой главе. Ранее в одном из писем ко мне их воспроизвел мой друг Павел Ефимович Эльясберг.

На новом месте службы я впервые непосредственно соприкоснулся с одним из лучших самолетов-истребителей того времени МиГ-15 и весьма нетривиальными особенностями его динамики полета и техники пилотирования, связанными с наличием стреловидного крыла. Мне пришлось изучить по долгу службы также конструкцию и особенности эксплуатации этого самолета, его оборудование и вооружение. В этот ликбез входили и полеты в зону (так называется в авиации район, отведенный для пилотажа) на спарке УТИ МиГ-15 на месте курсанта.

В Оренбурге я познакомился со многими замечательными людьми, общение с которыми очень сильно обогатило мой технический и общечеловеческий кругозор. Я имею в виду своих

коллег по ЧВАУ: инженера-подполковника Семена Самойловича Медведева и других — бывших ведущих инженеров-испытателей ГК НИИ ВВС, а также инженер-полковника Арнольда Изяславовича Смолярова.

С последним меня связывает прочная дружба, длящаяся уже почти полвека. Он закончил, как и я, ВВИА, но еще перед началом Великой Отечественной войны. Будучи ее участником, он, благодаря свободному владению английским и французским языками, внес заметный вклад в подготовку французских пилотов знаменитого авиаполка «Нормандия–Неман», за что был награжден Орденом Почетного Легиона. Врученный ему в то время диплом был подписан генералом Шарлем де Голлем. В тот период, когда мы познакомились со Смоляровым, он был заместителем Главного инженера ВВС Южно-Уральского военного округа. После длительной службы в ВВС и ракетных войсках он много лет проработал (и продолжает работать сейчас) в филиале ЦАГИ.

Человеческая память обладает избирательностью и стирает тяжелые воспоминания, оставляя только светлые. Поэтому сейчас, думая об Оренбурге (в то время это еще был Чкалов) и Соль-Илецке, я вспоминаю не жгучие декабрьские и январские оренбургские морозы и свирепые февральские соль-илецкие бураны, не летнюю жару и облака пыли на аэродромах, за которыми не были видны вырulingавшие на взлетную полосу самолеты, а пронзительные осенние закаты над остывающей степью, удивительное соленое озеро в Соль-Илецке, похожее на знаменитое Мертвое море, находящееся на территории Израиля и Иордании, и ослепительно сверкающий на ярком зимнем солнце наст на реке Урал (по которому лыжи несли тебя как бы сами, километр за километром, без затраты каких-либо физических усилий), вечерние посиделки друзей-однополчан и долгие беседы о разных материях...

Вернусь к своей военной карьере, которая привела меня к новому положению «слуги двух господ» (авиации и ракетной техники). Формально это было связано с моим переводом в 1955 году в Киевское высшее инженерное авиационное военное училище (КВИАВУ) на должность преподавателя конструкции и прочности летательных аппаратов. В их число входил и мой хорошо знакомый МиГ-15.



Киев, Р-12 и «Космос»

— Это то, что касается авиации. Однако естественен вопрос: а при чем тут ракетная техника и как она вписалась в Ваше новое амплуа?

— В Киев я приехал не с пустыми руками. Я привез с собой нечто вроде верительных грамот, адресованных конкретному человеку в Институте математики (ИМ) АН УССР, а именно — профессору Илье Марковичу Рапопорту. Соответствующая бумага была подписана его давним знакомым и однокашником по Киевскому государственному университету, Павлом Ефимовичем Эльясбергом, который все время присутствует за кадром в этой ретроспективе, и рекомендовала меня И. М. как специалиста по динамике жидкостных ракет.

Действительно, ИМ АН УССР был в то время тесно связан с своей работой с КБ «Южное» (КБЮ) в Днепропетровске, где главным конструктором был знаменитый Михаил Кузьмич Янгель, создавший там свою первую баллистическую ракету на высококипящих компонентах топлива Р-12. Так снова появилась на моем горизонте ракетная техника.

Илья Маркович Рапопорт как раз занимался по заказу КБЮ проблемой численного интегрирования уравнений возмущенного движения этого объекта. При этом он использовал разработанные им асимптотические методы интегрирования систем линейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами. С его работами в этой области я познакомился еще в НИИ-4 в связи с тем, что аналогичными проблемами применительно к ракетам Р-1 и Р-2 занимался в то время Г. С. Нариманов.

По представлению П. Е. Эльясберга И. М. Рапопорт предложил мне должность старшего научного сотрудника на «общественных началах» в его отделе и работу по тематике, связанной с более широкой постановкой задач динамики объектов класса Р-12. Эту роль я фактически и исполнял в течение пяти лет параллельно со своей основной работой преподавателя, а затем — старшего преподавателя кафедры конструкции и прочности летательных аппаратов КВИАВУ.

На ракете Р-12 мы впервые столкнулись с проявлявшейся практически на всем активном участке полета динамической неустойчивостью «в малом» на частоте, близкой к частотам собственных колебаний компонентов топлива в баках. Раньше — на Р-1 и Р-2 мне приходилось наблюдать это явление, выраженное фрагментарно, причем в существенно более слабой форме. Вопросы уточнения математической модели новых объектов, учитывающей подвижность жидкости в баках, и выработка новых рекомендаций по синтезу закона управления (алгоритма стабилизации) была основным предметом моей деятельности в ИМ АН УССР.

В связи с этой работой я впервые познакомился с ведущими специалистами КБЮ по динамике: заместителем М. К. Янгеля Николаем Федоровичем Герасютой, начальником комплекса

Иосифом Менделевичем Игдаловым и заведующим отделом Га-регином Левоновичем Мадатовым.

В тот же период судьба свела меня с заместителем главного конструктора Научно-исследовательского института автоматики и приборостроения (НИИАП), ныне носящего имя Н. А. Пилюгина, общепризнанным авторитетом в области разработки систем автоматического управления ракет, а впоследствии и космических аппаратов — Михаилом Самойловичем Хитриком. Именно он обратил мое внимание на две актуальные, по его мнению проблемы, решение которых потребовало интенсивной работы, начавшейся в ИМ АН УССР и продолжавшейся в течение ряда лет в НИИ-88 после моего перехода туда. Следует заметить, что если разработчиком ракеты Р-12 было КБЮ, то разработчиком автомата стабилизации — именно НИИАП.

Назову теперь проблемы, сформулированные М. С. Хитриком:

- учет реальной геометрии баков (цилиндрические и конические обечайки, полусферические днища, чечевицеобразные, сферические и тороидальные конфигурации и т. д.); в то время мы умели решать гидродинамические задачи только для баков в форме прямых круговых цилиндров с плоскими днищами;
- учет вязкости жидкости, т. е. соответствующее уточнение традиционных математических моделей, в которых компоненты топлива считались идеальной жидкостью.

В дальнейшем мне предстояло познакомиться еще со многими выдающимися представителями КБЮ и НИИАП, но это было уже в НИИ-88, где фронт работ существенно расширился. Возвращаясь к проблемам, к которым мое внимание привлек М. С. Хитрик, должен сказать, что мы в ИМ АН УССР сосредоточились в основном на первой из них. Этому способствовало появление молодых специалистов, окончивших Киевский Государственный университет.

Мне пришлось непосредственно работать с одним из них, а именно — с Иваном Александровичем Луковским, который с большим энтузиазмом отнесся к поставленным перед ним задачам и сумел далеко продвинуться в их решении. В частности, он первым применил для решения задачи о свободных колебаниях жидкости в полости вариационный метод Ритца – Треффта.

И. А. Луковский вырос в крупного специалиста в области динамики твердых тел с жидким заполнением, решил целый ряд сложных задач, включая нелинейные, обобщив ряд результатов Г. С. Нариманова. Он успешно защитил сначала кандидатскую, а потом докторскую диссертацию и был избран членом-корреспондентом, а затем — академиком АН УССР.

В последние годы он является заведующим отделом (теперь — это отдел прикладных проблем), в котором когда-то начинал свою деятельность. На определенном этапе ему удалось привлечь к тематике, упомянутой выше, еще ряд молодых сотрудников, многие из которых стали докторами наук. Не могу не упомянуть здесь Владимира Антоновича Троценко, появившегося в этой группе одним из первых, ставшего впоследствии доктором физико-математических наук.

С благодарностью вспоминаю климат, который существовал в ИМ АН УССР, особенно в сфере деятельности И. М. Рапопорта, способствовавший творческой активности сотрудников. Во многом это, по-видимому, объяснялось стилем, который создавали в течение многих лет выдающиеся ученые-механики, руководившие ИМ АН УССР, — Михаил Алексеевич Лаврентьев и Александр Юльевич Ишлинский. Последний передал свой пост незадолго до моего появления также очень известному ученому (математику) Б. В. Гнеденко.

А. Ю. Ишлинский остался руководителем отдела, занимавшегося теорией гироскопов, где продолжали работать многие его ученики, в частности, очень тонкий и многогранный механик Мария Евдокимовна Темченко. Я заинтересовался одним из направлений исследований, проводившихся в этом отделе под руководством А. Ю. Ишлинского его ближайшими сотрудниками М. Е. Темченко и В. А. Стороженко. Эти исследования были связаны с гироскопической устойчивостью твердого тела на струнном подвесе, быстро вращающегося с постоянной угловой скоростью ω . На определенном этапе авторы рассматривали тело с осесимметричной полостью, целиком заполненной маловязкой жидкостью. Ось симметрии полости совпадала при этом в невозмущенном движении с расположенной вертикально струной.

Основной задачей было исследование устойчивости системы, которое проводилось параллельно теоретически (А. Ю. Ишлинский и М. Е. Темченко) и экспериментально — на специально сконструированном для этой цели стенде (В. А. Стороженко). Следует сказать, что экспериментальные исследования, близкие по своей направленности, проводились в НИИ-4 В. Т. Десятовым, но результаты их в то время не были опубликованы, и они не были известны в Киеве.

Во всех задачах РКТ, с которыми мне приходилось сталкиваться раньше, возмущенное движение жидкости с исчезающе малой вязкостью было либо потенциальным, либо мало отличалось от потенциального. Это относится и к «жидкому гироскопу» Г. С. Нариманова, в котором предполагалось наличие в цилиндрической полости тонкого слоя жидкости со свободной

поверхностью. В отличие от этих задач возмущенное движение даже идеальной жидкости, целиком заполняющей полость вращающегося тела, является сильно завихренным. Это накладывает отпечаток на всю картину динамического поведения системы, с чем связано появление целого ряда чисто математических проблем.

Задачу, о которой идет речь, впервые удалось решить академику С. Л. Соболеву в 1943 году (отчет МИАН им. В. А. Стеклова). Этот результат был опубликован в открытой печати (журнал ПМТФ) только в 1960 году. Проблема в целом оказалась в математическом отношении настолько сложной, что для ее решения потребовалось специально разработать новый раздел функционального анализа. А. Ю. Ишлинский и М. Е. Темченко заново решили эту задачу для полости двух конфигураций (эллипсоид вращения и круговой цилиндр) более изящным методом, используя только традиционный аппарат математической физики.

В этом проявилась изобретательность авторов, которые, будучи не математиками, а механиками, добились кардинального упрощения задачи исключительно за счет удачного выбора системы координат, связав ее с вращающимся твердым телом (я часто цитировал своим студентам слова Александра Юльевича: *«Искусство механика заключается в выборе систем координат и обобщенных координат»*).

Исследование устойчивости стационарного вращения тела с жидкостью на струнном подвесе показало, что имеется ряд сплошных областей неустойчивости по параметру ω , разделенных областями устойчивости. В этом заключалось кардинальное отличие этой системы от вращающегося гибкого вала, спектр критических скоростей которого является, как известно, дискретным.

Обширный цикл экспериментальных исследований, проведенных с большим искусством В. А. Стороженко, подтвердил все основные выводы теории. Знакомство с этими исследованиями принесло мне большую пользу, когда я сам начал активно заниматься проблемой вихревых движений жидкости в баках КА, включая и КА, стабилизированные вращением. Несколько лет назад я получил в подарок от Александра Юльевича книгу, написанную им вместе с соавторами, упомянутыми выше (Вращение твердого тела на струне и смежные задачи. М.: Наука, 1991), в которой были подведены итоги многолетней работы по проблеме, вынесенной в заголовок книги.

Работа в ИМ АН УССР впервые непосредственно столкнула меня с проблемой влияния упругих деформаций корпуса ракеты на динамику замкнутой системы корпус – жидкость – автомат стабилизации. Сама по себе проблема влияния упругих деформаций элементов конструкции на динамику и устойчивость летательного аппарата имеет давнюю историю — это классическая

проблема изгибно-крутильного флаттера крыла, возникшая еще в 30-е годы прошлого столетия, и смежные проблемы аэроупругости. Аналогичные проблемы начали возникать и в ракетной технике по мере появления конструкций со все меньшей изгибной жесткостью. Определенное внимание им уделил, упреждая реальные события, еще Г. С. Нариманов.

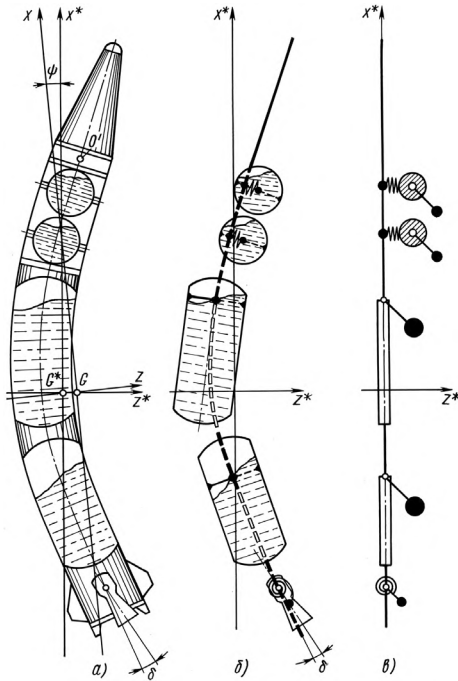
Однако в процессе исследования динамики космической ракеты-носителя КБЮ (на базе Р-12) «Космос» мы столкнулись с совершенно новой ситуацией: сильным взаимным влиянием поперечных упругих деформаций корпуса и колебаний жидкости в баках. Дело в том, что удлинение корпуса у РН «Космос» было необычно велико, что привело к опасной близости частоты первого тона упругих колебаний к доминантным частотам собственных колебаний жидкости в баках (до этого квадраты соответствующих частот отличались больше, чем на порядок).

Эта проблема потребовала серьезного анализа, который привел к необходимости решения принципиально новых краевых задач гидроупругости и соответствующего уточнения математической модели объекта регулирования, выдаваемой в качестве исходной информации головной организацией разработчикам автомата стабилизации. Решение всех этих проблем было одним из главных результатов моей пятилетней работы в Институте математики в Киеве.

Следует упомянуть еще об одной задаче, доставшейся мне в наследство от И. М. Рапопорта после перехода его на работу в ОКБ-1 С. П. Королева на роль «флагманского динамика»: детальное исследование годографов корней характеристического уравнения замкнутой системы объект – регулятор для ракеты Р-12. Это был первый случай, когда мне пришлось столкнуться с расчетами на ЭВМ.

До этого я наивно полагал, что появление цифровых вычислительных машин было связано со знаменитыми именами Джона фон Неймана и Алана Тьюринга и относилось к сороковым годам прошлого века. Заинтересовавшись истоками этой истории, я с удивлением обнаружил, что это глубокое заблуждение. Как выяснилось, фундаментальные принципы так называемой «аналитической машины», лежащие в основе всех современных ЭВМ, были разработаны английским математиком и инженером, современником Чарльза Дарвина Чарльзом Бэббиджем еще в 30-е годы девятнадцатого столетия, более чем за сто лет до появления первых цифровых вычислительных машин.

Сейчас трудно представить себе сколько-нибудь серьезные расчеты динамики такого рода объектов без применения соответствующей мощной вычислительной техники. В те далекие годы то были машины М-20 и «Стрела» (всего-то каких-то



Поперечные упругие колебания корпуса РН с цилиндрическими и сферическими баками и их механические модели

20 тыс. коротких операций в секунду!). Применение этих машин для наших расчетов я начал активно внедрять в НИИ-88 после перехода в эту организацию на работу, вызывая туда на первых порах квалифицированных программистов из Киева (ВЦ АН УССР), которые осваивали соответствующие алгоритмы под руководством И. М. Рапопорта и реализовывали их на ЭВМ.

Я вдохновлял бывших сотрудниц И. М. на эти подвиги, рассказывая о том, что их знаменитой предшественницей, первым в истории программистом, была дочь Байрона Ада Августа Ловлейс, выдающийся математик, сотрудник Бэббиджа.

По иронии судьбы наши программы писались тогда в машинных кодах и в этом смысле мало чем отличались от программ, которые составляла Ада Августа для «аналитической машины» Бэббиджа.

В те времена мы даже не знали таких слов как «язык высокого уровня», «транслятор» и пр. С языком АЛГОЛ, вскоре ставшим очень модным языком программирования, я познакомился только в НИИ-88 (кстати, первый транслятор для этого языка ТА-1, которым мы начали пользоваться, был разработан

С. С. Лавровым — в то время одним из ведущих специалистов КБ С. П. Королева по баллистике). Но НИИ-88 — это уже другая история.

Мои друзья

Возвращаясь в своих воспоминаниях к Киеву, я думаю о своих друзьях-подводниках Саше Кузьмичеве, о котором я уже говорил раньше, Льве Мамуте — замечательном ныряльщике и специалисте по водолазной технике, и многих других, объединенных общей страстью к подводному плаванию. К тем далеким временам относится нечто вроде гимна, сочиненного одним из них, поэтом-любителем Валерием Присяжным, «в миру» — литературным сотрудником одной из Львовских газет. Вот несколько строк из этого произведения:

*«Наш якорь — на подхвате,
Не зря мы непоседы:
Открыт заветный Карадаг
И бухта Новый свет.*

*Плевать нам на кровати
И ни к чему нам пледы —
Из спальников под плеск волны
Нас вытащит рассвет...»*

Фотография, на которой Вы видите Сашу Кузьмичева некоторых из наших общих с ним друзей-подводников, Валерия Присяжного, Льва Мамута и Викторию Прохоренко, относится к несколько более позднему периоду, когда я стал, благодаря Саше, полноправным членом элитного клуба пловцов-подводников.

Лев Мамут и Валерий Присяжный уже много лет как переехали в США и сменили Киев и Львов на Нью-Йорк и Денвер, соответственно. Виктория Прохоренко работает там же, где я, в Институте космических исследований (ИКИ) РАН, а Саши Кузьмичева давно нет в живых. Он похоронен в Киеве на тихом кладбище, и его искусство нейрохирурга уже никогда не сможет никого спасти от смерти или тяжелого недуга...

Александр Кузьмичев

Саша Кузьмичев был моим «крестным отцом», приобщившим меня к плаванию с аквалангом. До знакомства с ним я, правда, уже не только профессионально плавал и неплохо нырял, но и делал попытки погружения с самодельным аквалангом из числа тех, которые мы сооружали кустарным образом на кафедре, используя списанное авиационное оборудование. Однако

Саша был первым, кто открыл мне удивительный подводный мир (было это в Крыму, в Карабахе, между Алуштой и Фрунзенским).

Я уже говорил, что он был талантливым нейрохирургом. Я знал, что его известность в этом качестве выходит далеко за пределы Киева, где он был ведущим хирургом в Институте нейрохирургии (незадолго до своей безвременной кончины он был приглашен после защиты докторской диссертации на работу в Москву, в аналогичный Институт).

Для меня было полной неожиданностью, что его специальность охватывала также операции на спинном мозге. Сам Саша избегал разговоров на эту тему, и узнал я об этом совершенно случайно при обстоятельствах, о которых стоит рассказать. Произошло это в городе Симферополе, причем во время посещения местного базара.

Так вот, когда мы приценивались к каким-то фруктам, я неожиданно стал свидетелем сцены с почти библейским сюжетом: перед Сашей вдруг возникла коленопреклоненная молодая девушка с распущенными волосами, как Мария Магдалина перед Иисусом Христом. Девушка за что-то горячо благодарила Сашу со слезами на глазах. Было видно, что он чувствовал себя при этом крайне неловко. В конце концов, Саше удалось поднять девушку на ноги и успокоить с помощью каких-то не свойственных ему ласковых слов, после чего он вырвался из ее объятий, и мы сумели благополучно удалиться.

Некоторое время спустя Саша объяснил мне суть описанной выше драматической сцены. Девушка была одной из его пациенток. Он сделал ей в Киеве операцию по поводу какой-то зловредной формы радикулита, когда больная оказывается скрюченной, как баба-яга, и прикованной к инвалидному креслу. Можно представить себе, что это означало для молодой красивой девушки. Слегка оклемавшись после Шашиной операции, девушка, как по волшебству, распрямилась и пошла (правда, сначала очень неуверенно), своими ногами. Благодарность ее была так велика, что сначала она не могла ее выразить. Случай представился только в Симферополе, и я был тому свидетель...

По моей просьбе Саша объяснил мне, в чем состояла сделанная им операции. Постараюсь изложить, как умею, ее суть. У больного образуется нечто вроде межпозвоночной грыжи, когда один из нервов внутрипозвоночного нервного столба выдавливается и защемляется между позвонками. Эта «грыжа» имеет размер рисового зернышка, но последствия ее катастрофические.

Операция заключается в том, что в это самое «зернышко» вводится с помощью специальной полой иглы капля жидкого

азота, которая убивает дефектный нерв. Оказывается, что позвоночник представляет собой многократно функционально резервированную систему, так что операция полностью решает проблему, не принося никакого вреда.

Я спросил Сашу, как же он попадает иглой в это «зернышко»? Оказывается, используя два рентгеновских аппарата. А в направлении самой иглы? Ответ был краток и звучал так: «*Это надо чувствовать!*» Такие вот дела.

Гелий Дианов

В Киеве я встретился и со своим однокурсником Гелием Диановым, с которым нас связывает полувековая дружба. После защиты дипломных проектов (а мы оба выполняли их под руководством М. Л. Новикова) наши пути разошлись. В КВИАВУ он попал раньше меня и был старшим преподавателем на кафедре аэродинамики и динамики полета (потом он стал начальником этой кафедры).

С ним мы совершили много туристских походов, не только по традиционным маршрутам в Крыму и на Кавказе, но и по Алтаю, Курилам, Камчатке. Побывали на Байкале, Иссык-Куле и в Долине гейзеров. Все это началось в годы моего пребывания в Киеве и продолжалось потом в течение многих лет уже после моего переезда в Москву.

Мы иногда вспоминаем путь к «Озеру горных духов» по Чуйскому тракту, плаванье по рекам Катунь и Бие, выход на берег Байкала после недели тяжелого пути по тайге, переход через два перевала от Медоев к озеру Иссык-Куль, плаванье с аквалангами в период пребывания на острове Попова, путь вдоль берега океана на Камчатке, от Жупанова к Долине гейзеров, и многое, многое другое. Счастливым было время...

Сейчас Гелий Дианов, уволившись из армии в звании полковника-инженера, преподает в МАИ аэродинамику и динамику полета самолетов. Именно совместное рассмотрение этих двух характеристик летательного аппарата, являющееся основным направлением его научной деятельности, лежит в русле современных методов проектирования самолетов нового поколения и оказалось поэтому особо востребованным.

Для меня Гелий — главный эксперт по всем авиационным вопросам, в которых он является настоящим энциклопедистом. Многие факты, касающиеся отечественных самолетов и авиадвигателей, которые приводятся в этой книге, я почерпнул из бесед с ним.

Но главное не в этом. Я благодарен судьбе за то, что в его лице она послала мне самого верного друга, к которому я всегда могу обратиться в минуту жизни трудную.



А. И. Смоляров



В Оренбурге,
начало 1950-х годов



Преподаватели 1-го ЧВАУ в часы досуга, Соль-Илецк, 1954 год.
Первый слева во втором ряду С. С. Медведев



В. Прохоренко



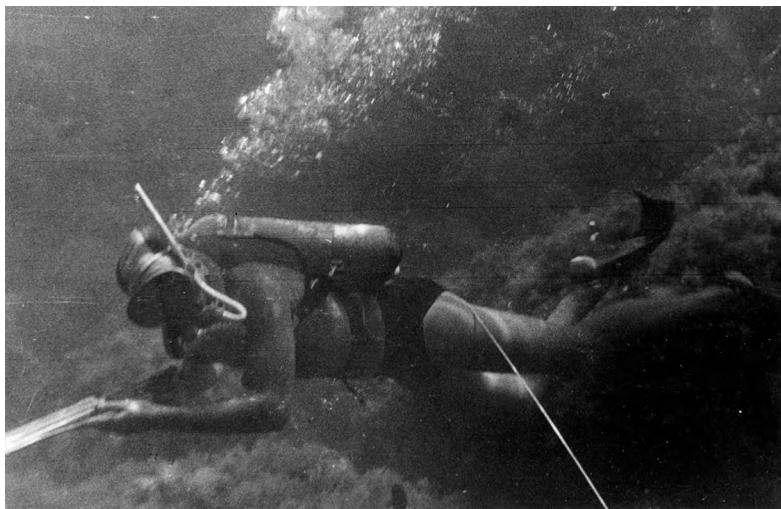
В. Присяжный и Л. Мамут



Трапеза в компании с А. Кузьмичевым и Л. Мамутом в нашем лагере в Карабахе, в районе, где мы обычно погружались (Крым)



Перед погружением



Под водой



МиГ-15



Г. П. Дианов



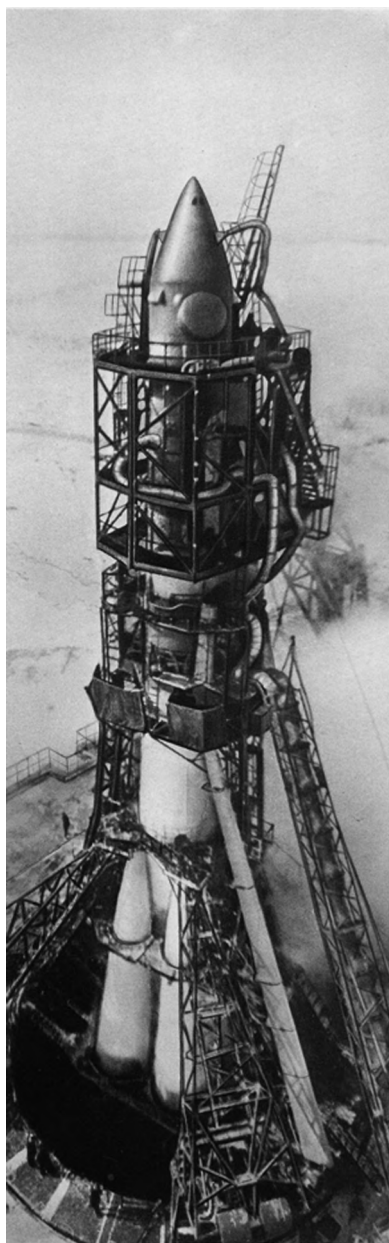
Киев, конец 1950-х



Последний день в армии. Киев, 1960 год

«КАК ДВИЖЕТСЯ К ЗЕМЛЕ МОРСКОЙ ПРИБОЙ,
ТАК И РЯДЫ БЕССЧЕТНЫЕ МИНУТ,
СМЕНЯЯ ПРЕДЫДУЩИЕ СОБОЙ,
ПООЧЕРЕДНО К ВЕЧНОСТИ БЕГУТ».

Вильям Шекспир



Ракета-носитель «Восход» на стартовой позиции

— *Борис Исаакович, расскажите, пожалуйста, как Вы попали в НИИ-88? Ведь до этого Вы занимали довольно престижную должность старшего преподавателя КВИАВУ, завершили работу над докторской диссертацией. И, насколько мне известно, никто не предлагал Вам уволиться из ВВС...*

— Все это произошло при следующих обстоятельствах. Георгий Александрович Тюлин, став директором НИИ-88, быстро обнаружил, что подразделения, занимающиеся баллистикой и динамикой, значительно отстают от бывших традиционно очень сильными аэродинамического и прочностного комплексов. Задумав резко расширить фронт работ по баллистике и динамике и вывести НИИ-88 в этой области на передовые рубежи, Георгий Александрович начал подбирать подходящих для этой цели по его мнению людей из числа своих коллег по НИИ-4, чья судьба в образе сотрудников отделов кадров разбросала по разным уголкам нашего отечества. Одним из них оказался и я.

Тюлин уговорил меня оставить добровольно военную карьеру, уволиться из армии и перейти на работу к нему в НИИ-88, обещав интересную работу, карт-бланш на организацию соответствующего подразделения в отделе № 10 и помощь в быстрой защите докторской диссертации, тематика которой пришлась не по вкусу моему начальству в КВИАВУ.

После недолгих размышлений я дал согласие, приняв тем самым, как принято сейчас говорить, «судьбоносное решение». Тонкость заключалась в том, что мне предстояло уйти из армии за полтора года до получения военной пенсии, которой я, таким

образом, лишался. Оглядываясь сейчас назад, считаю, что решение было правильным, несмотря на неизбежные издержки. Претворить его в жизнь предстояло трем участникам операции (которые после ряда сбоев все же сумели задачу решить).

Это были: Георгий Александрович Тюлин, написавший соответствующее письмо Главкому ВВС, Семен Григорьевич Гриншпун (в то время уже работавший по «Тюлинскому призыву» в НИИ-88), лично передавший его из рук в руки нужному лицу в Управлении кадров ВВС, и мой бывший однокурсник полковник-инженер Константин Васильевич Жуков — заместитель начальника Управления военных учебных заведений ВВС, который в конце концов лично подписал приказ у Главкома. Случилось это осенью 1960 года, после чего я вскоре покинул Киев и начал новую жизнь гражданского специалиста, работающего в организации (головном институте), призванной играть в ракетной технике ту же роль, что ЦАГИ в авиации. Этим учреждением был НИИ-88, с 1967 года — Центральный научно-исследовательский институт машиностроения (ЦНИИМаш).

Заканчивался очередной — Киевский — период моей биографии. Надо сказать, что он оставил заметный след в профессиональном плане. И это, конечно, касалось не только знакомства с жидкостными ракетами нового поколения на высококипящих компонентах топлива, но и моей официальной служебной деятельности. Пять лет преподавания широкого спектра дисциплин, относившихся к конструкции и прочности летательных аппаратов, и руководство дипломным проектированием существенно расширили мою инженерную эрудицию. Кроме того, я приобрел вторую специальность. Все это весьма мне пригодилось, когда я снова, теперь уже окончательно, вернулся в ракетную технику. Мое «второе пришествие» в нее произошло на несравненно более высоком уровне, чем первое, когда я попал из авиации в НИИ-4.

Однако сказать, что я уезжал из Киева, полный только радужных надежд, значило бы погрешить против истины. Позади оставалась сравнительно налаженная жизнь (я впервые после девяти лет скитания по частным квартирам получил в Киеве собственную (!) комнату в двухкомнатной квартире в новом доме), товарищи по кафедре и мои дипломники, а также очаровательная перспектива, открывавшаяся с Владимирской горки, поездки на Днепр... Уходил в прошлое и большой кусок жизни, почти двадцать лет службы в армии, с которой я, несмотря ни на что, не мог за это время не сродниться. Все это безвозвратно уносила река времени, а впереди ждали неопределенность и будущее, заглянуть в которое, к счастью или к несчастью, человеку не дано.

В НИИ-88

— *Расскажите, хотя бы в общих чертах, как начиналась Ваша деятельность в НИИ-88 (впоследствии ЦНИИМаиш)? Какие научные направления Вы начали развивать?*

— Я попал в отдел динамики (отдел № 10) в качестве начальника вновь сформированного сектора. Начальником отдела был Анатолий Григорьевич Пилюттик, который тепло меня принял и с большим вниманием и пониманием отнесся ко всем возникшим у меня на первых порах проблемам. Моими коллегами, с которыми мне больше всего пришлось взаимодействовать, были начальники других подразделений отдела — Геннадий Никифорович Микишев и Владимир Григорьевич Степаненко.

Кроме них у меня быстро установились очень прочные связи с руководителями подразделений, отпочковавшихся от отдела динамики, Аркадием Тимофеевичем Горяченковым и Икаром Семеновичем Ковнером. Все они были замечательными специалистами своего дела, и я очень многому у них научился, обнаружив ряд новых для меня практических аспектов ракетной техники, в которых мои коллеги были более чем компетентны. В отделе № 10 были уже в то время вполне сложившиеся как специалисты молодые научные сотрудники, которые начали успешно развивать определившиеся с самого начала в новом секторе научные направления:

- внутренние задачи гидродинамики и формирование математической модели жидкостной ракеты как объекта регулирования с учетом подвижности компонентов топлива в баках;
- задачи прикладной теории упругости и формирование аналогичной модели, учитывающей упругость элементов конструкции корпуса;
- исследование динамики и устойчивости замкнутой системы упругий корпус – жидкость – автомат стабилизации, а также возмущенного движения этой системы при различных законах управления (алгоритмах стабилизации).

Моя задача, связанная с развертыванием соответствующего широкого комплекса исследований, облегчалась тем, что в 1960 году, еще до моего появления в НИИ-88, в институтском издательстве была выпущена тиражом в 300 экз. книга, написанная мной совместно с И. М. Рапопортом «О движении твердого тела с полостями, частично заполненными жидкостью».

В книге были изложены результаты моей многолетней работы по всем перечисленным направлениям. Именно эти результаты довольно долго служили путеводной нитью для научно-производственной деятельности вновь созданного сектора (эту книгу я увидел на рабочих столах сотрудников, впервые придя в

отдел, и в течение многих лет она оставалась важным учебным пособием для молодых специалистов. — А. Б.).

Ту же роль сыграли в какой-то степени и материалы моего соавтора, профессора И. М. Рапопорта, получившие дальнейшее развитие в работе подразделения, которое он возглавлял в ОКБ-1.

Каждое из этих направлений было сначала представлено очень небольшой группой сотрудников. В качестве руководителей этих направлений очень быстро определились, причем все-речь и надолго, выпускники мехмата МГУ им. М. В. Ломоносова, к тому времени уже кадровые сотрудники отдела, Лев Докучаев, Игорь Сидоров и Вячеслав Шмаков. Забегая вперед, должен сказать, что они исключительно успешно справились со своей новой ролью и довольно быстро выросли в крупных специалистов в своей области. В течение нескольких лет они защитили на основе результатов своих исследований сначала кандидатские, а потом и докторские диссертации.

Трудно переоценить роль, которую сыграли в становлении новых для отдела научных направлений, упомянутых выше, первые сотрудники отдела. Это Игорь Богоряд (ныне доктор технических наук, до 2006 года — директор Института прикладной математики и механики при Томском государственном университете), Людмила Гончарова, Вадим Кобычкин, Изабелла Коротаяева, Зоя Полякова и многие другие. По мере развития нашего коллектива в нем начали появляться молодые кадры — выпускники московских вузов, в первую очередь, Московского физико-технического института (МФТИ). Этому способствовало появление в НИИ-88, который был одной из базовых организаций Физтеха, специальной кафедры. Ее возглавил директор НИИ-88 Юрий Александрович Мозжорин. Студенты старших курсов, проходившие у нас практику, а затем — дипломники, выполнявшие дипломные работы, и аспиранты органично вписывались в коллектив отдела.

В качестве нового поколения в секторе, превратившемся вскоре в лабораторию, появились сотрудники, составившие ядро коллектива. Многие из них впоследствии стали кандидатами и докторами наук. Это (перечисляю по алфавиту) — Юрий Балакирев, Александр Брусиловский, Юрий Галлай, Геннадий Ефименко, Валерий Лебедев, Александр Мытарев, Виктор Роговой, Евгений Стажков, Владимир Столбецов, Станислав Черемных. Перешли из Вычислительного центра НИИ-88 очень хорошие специалисты по программированию Анна Калинина и Виктория Прохоренко.

Не могу в связи с этим не сказать о быстро развивавшемся по инициативе Г. А. Тюлина Вычислительном центре института

и собственном расчетном подразделении нашего отдела, где все еще господствовали мои старые знакомые по НИИ-4 «мерседесы» и «рейнметаллы». Трудно переоценить роль, которую играли на первых этапах нашей деятельности героические девушки — расчетчицы из этого подразделения — Люся Дмитриева, Вера Ильина, Галя Филимонова и многие другие.

— *Как Вы вписались со своим коллективом в круг проблем, особенно актуальных в то время для РКТ? Как сложились взаимоотношения Вашего коллектива со смежниками и заказчиками?*

— Успех нашей работы зависел в очень сильной степени от участия в решении конкретных проблем ракетной техники, а следовательно от связи, в первую очередь, с организациями-разработчиками, носителями этих проблем. Для того, чтобы сотрудничество было продуктивным, нужно было, чтобы наша работа оказалась необходимой разработчикам объектов ракетной техники. Заменить заинтересованность конкретных исполнителей в нашей работе нельзя было никакими приказами свыше.

Отчетливо понимая это, я уделял очень много внимания проницательной в сущности задаче, которые ставили перед нами КБ отрасли, и налаживанию не только творческих, но и человеческих контактов со специалистами ведущих организаций, ответственных за разработку объектов ракетной техники и их систем управления. Было бы неблагодарной задачей пытаться перечислить все организации, с которыми мы так или иначе сотрудничали. Однако здесь все же можно выделить несколько этапов и доминирующих заказчиков и смежников, список которых несколько менялся в зависимости от класса объектов, определявших тематику наших исследований.

На первом этапе (баллистические ракеты) это были КБ «Южное» (КБЮ) в Днепропетровске — главный конструктор Михаил Кузьмич Янгель, КБ электронного машиностроения (КБЭ) в Харькове — главный конструктор Владимир Григорьевич Сергеев, НИИ-4 МО, Институт математики АН УССР. На втором этапе (ракеты-носители и космические аппараты) — ОКБ-1 (Сергея Павловича Королева), ЦКБМ (Владимира Николаевича Челомея), КБ им. Лавочкина (Георгия Николаевича Бабакина), НИИАП (Николая Алексеевича Пилюгина). На третьем этапе (носитель Н-1) — ОКБ-1, НИИАП, ЦАГИ им. Н. Е. Жуковского, СИБНИА им. С. А. Чаплыгина.

Все многочисленные упомянутые и не упомянутые мною организации были представлены в нашем творческом союзе определенными людьми, каждый из которых был незаурядной личностью. О некоторых из них я скажу позже, когда будет идти речь о разработке конкретных объектов.

Подвижность жидкости. Ракета Р-16

— *Мы много говорили с Вами о проблеме влияния на динамику и устойчивость жидкостных ракет. Стала ли эта проблема более острой для новых объектов РКТ — мощных баллистических ракет, ракет-носителей и космических аппаратов? Не могли бы Вы привести какие-либо поучительные примеры?*

— Чтобы не показаться субъективным в своих оценках, процитирую высказывание на эту тему известного американского специалиста (*H. Norman Abramson. The Dynamic Behavior of Liquids in Moving Containers. NASA SP-106, 1966*). Вот дословный перевод:

— *Динамическое поведение жидкостей в движущихся контейнерах является захватывающим предметом, притягивающим внимание геофизиков, сейсмологов, инженеров, математиков и других научных работников в течение многих лет. С развитием космической технологии как наиболее активного элемента создания и испытания техники и широкого распространения экспериментальных исследований, вероятно, следовало ожидать, что движение компонентов топлива и других жидкостей, имеющих на борту ракет-носителей и космических аппаратов, привлечет к себе большое внимание. Однако фактически во многих случаях эта проблема оказала большое влияние не только на детали конструкции, но и на общие концепции.*

Как выяснилось, острота проблемы не вызывала сомнений не только у нас, но и у наших американских коллег (о последнем обстоятельстве мы, впрочем, узнали несколько позже). Перейду сразу к конкретным примерам — печальным доказательствам того, что попытка «замести под ковер» некоторые явные несоответствия расчета и летного эксперимента рано или поздно ведут к возникновению аварийной ситуации. Наиболее классическим примером является потеря устойчивости второй ступени первой отечественной межконтинентальной ракеты на высококипящих компонентах топлива (азотный тетраоксид — несимметричный диметилгидразин, то есть гептил) Р-16 КБ М. К. Янгеля.

Судьба ракеты Р-16 поначалу сложилась трагически. При подготовке к первому запуску ракеты на стартовой площадке произошла тяжелейшая катастрофа, унесшая более сотни человеческих жизней (включая Главнокомандующего ракетными войсками стратегического назначения Главного маршала артиллерии М. И. Неделина). Были среди них, увы, и пятеро наших первых выпускников инженерного факультета КВИАВУ...

Это случилось 24 октября 1960 года уже на новом полигоне, не носившем еще тогда названия Байконур. Не буду вдаваться в причины катастрофы, не имевшей отношения к рассматриваемым проблемам (они теперь подробно описаны в литературе).

Речь пойдет о первом летном испытании ракеты с восстановленной стартовой позиции, когда потеряла устойчивость вторая ступень (первая отработала успешно, и это, само по себе, было уже большим достижением).

Динамики НИИ-88, среди которых был и Ваш собеседник, едва взглянув на телеметрическую информацию, пришли к выводу, что причиной неустойчивости второй ступени, приведшей к потере объекта, было пренебрежение подвижностью жидкости в баках при проектировании автомата стабилизации (АС). (Вспомните высказывание «Ну и что?» по отношению к колебаниям, отмечавшимся на первых баллистических ракетах Р-1 и Р-2). Мы увидели на пленках телеметрии классическую картину колебаний с нарастающей амплитудой в каналах тангажа и рыскания на частоте порядка 1,5 Гц, близкой к частоте собственных колебаний жидкости в баках. Колебания четко фиксировались датчиками углового положения корпуса, акселерометрами и датчиками поворота управляющих двигателей (газовые рули Р-1 давно уже отошли в область прошлого).

Интересно, что полная потеря устойчивости объекта наступала не в каналах тангажа и рыскания, а в канале крена после достижения предельно допустимого угла прокачки гироскопов, причем на значительно более низкой частоте — порядка 0,3...0,5 Гц, **характерной для этого канала. Здесь явно имело место то, что на управленческом сленге называется «потерей устойчивости из-за забивания канала высокочастотной помехой».**

Кстати, на этот тонкий, чисто нелинейный, эффект обратил мое внимание А. Т. Горяченков. Следует подчеркнуть, что амплитуда колебаний по тангажу и рысканию была в несколько раз выше, чем наблюдавшаяся на ракетах Р-1, Р-2, Р-12 и других известных нам объектах. Природа явно преподнесла нам суровый урок, что было однако понято далеко не сразу и не всеми лицами, ответственными за принятие решений. Инерция мышления в сочетании с ведомственными интересами создавала причудливый сплав, в котором не находилось места для признания очевидного. На заседании Государственной комиссии (ГК) было высказано много остроумных идей, включая самые нелепые, призванных объяснить причину аварийного пуска.

После того, как одна из таких идей была одобрена высокой комиссией и соответствующие мероприятия были реализованы (где-то усилили изоляцию, изменили настройки АС и еще что-то в этом роде), был произведен второй пуск, на котором повторилась та же картина: снова успешная работа первой ступени и потеря устойчивости второй, являвшаяся точной копией того, что наблюдалось при предыдущем пуске.

Однако наш коллектив, в очередной раз отодвинутый на обочину с магистрального направления выбранных ГК конструктивных мероприятий, не терял времени даром. К этому моменту у нас на руках уже были две козырные карты.

Игорь Сидоров со своим коллективом обнаружил, исследуя математическую модель второй ступени Р-16 с учетом конкретного закона управления, заложенного в АС, два новых явления. Первое из них, которое мы потом назвали «нестабилизируемостью», — это невозможность обеспечить в рассматриваемом случае при общепринятой структуре алгоритма стабилизации динамическую устойчивость замкнутой системы корпус – жидкость – автомат стабилизации.

Второе — это особо «свирепая» собственная неустойчивость объектов с ЖРД, похожая в математическом смысле на изгибно-крутильный флаттер крыла, характерная, как выяснилось позже, для КА, имеющих малое удлинение корпуса.

Важную роль в этих необычных свойствах рассматриваемой динамической системы играло наличие именно двух топливных баков с почти равными частотами первого антисимметричного тона собственных колебаний жидкости (эти выводы были подтверждены разработчиками системы управления Р-16 из КБЭ).

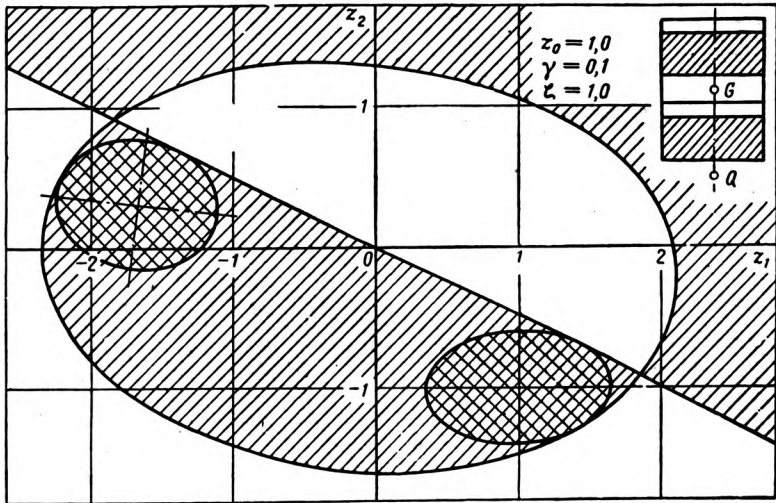
Полученному им решению Сидоров сумел придать наглядную форму, представив области стабилизируемости, неустабилзируемости и собственной динамической неустойчивости в плоскости безразмерных конструктивных параметров объекта z_j ($j = 1, 2$), близких к отношениям расстояний от центра масс ракеты с затвердевшей жидкостью до ее свободной поверхности (в направлении хвостовой части) к ее радиусу инерции в плоскостях тангажа и рыскания. Эти области показаны на рисунках.

При движении ракеты на активном участке траектории изображающая точка перемещается в плоскости (z_1, z_2) , демонстрируя состояние системы в каждый момент времени в смысле ее устойчивости, что позволяет обнаружить опасные в этом смысле области.

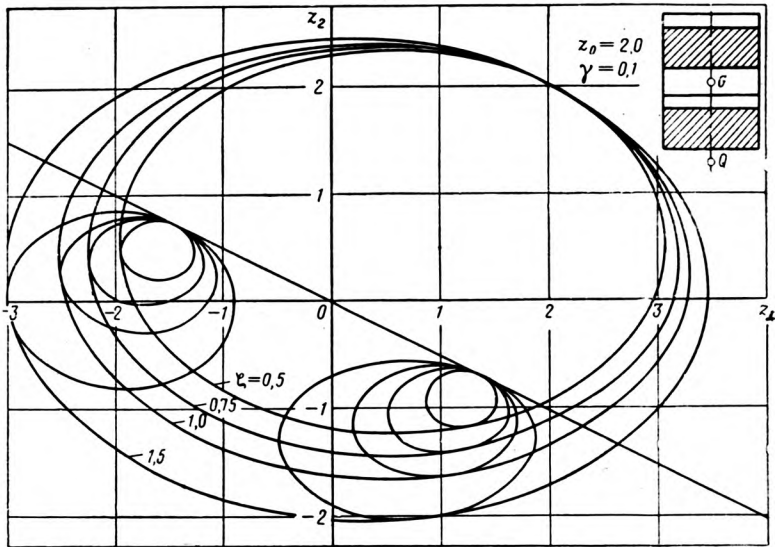
На второй ступени ракеты Р-16 была выявлена этим методом классическая неустабилзируемость примерно на последней трети активного участка полета, приводившая к потере устойчивости.

Геннадий Никифорович Микишев напал к этому времени на идею механического демпфера колебаний жидкости в баке, имеющего форму нескольких радиальных ребер, ширина которых составляла 20...30 % радиуса цилиндрического бака (см. рисунок).

На острых кромках этих ребер возникали при колебаниях жидкости мощные вихри, способствовавшие диссипации энергии этих колебаний. Полученный эффект был эквивалентен повышению вязкости жидкости на два порядка.

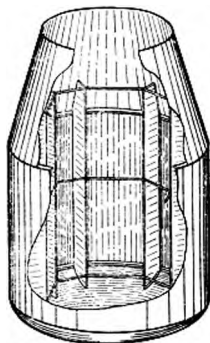
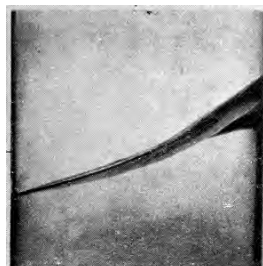


a)

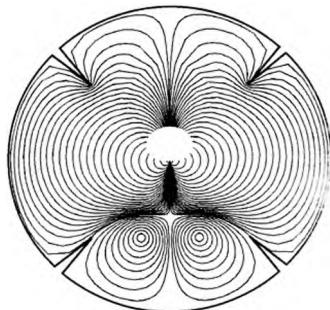
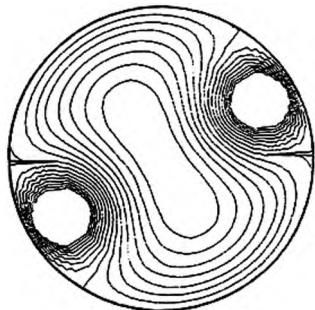


Области стабилизируемости (не заштрихованы), нестабилизируемости (одинарная штриховка) и собственной динамической неустойчивости (двойная штриховка). Точка G — это центр масс, Q — точка приложения управляющей силы, z_0 — расстояние до этой точки от центра масс, отнесенное к радиусу инерции ракеты, γ — безразмерный параметр, характеризующий присоединенную массу жидкости при первой форме ее собственных колебаний

Идея оказалась чрезвычайно плодотворной и, главное, допускавшей простую конструктивную реализацию. К тому времени накопился обширный теоретический и экспериментальный задел, образовавшийся в результате совместных исследований коллективов наших подразделений, что позволило Микишеву провести в авральном порядке вместе со своим коллективом дополнительные испытания разработанных демпферов, используя баки, геометрически подобные бакам второй ступени Р-16.



Колебания жидкости в цилиндрическом баке, демпфер в виде радиальных ребер



Вихреобразование на краях ребер при колебаниях ракеты в плоскостях крена и тангажа (рыскания) — линии тока

Подробности этой драматической истории описаны Николаем Дорожкиным, игравшим в ней роль «флагманского экспериментатора» (*Дорожкин Н.Я. Как мы усмиряли волну // Прогресс. № 10. 29.05.1998*).

Параллельно Игорь Сидоров со своими сотрудниками подтвердил на основе всестороннего теоретического анализа возможность получения амплитудной стабилизации, т. е. динами-

ческой устойчивости замкнутой системы при ограниченных амплитудах колебаний за счет применения одного из вариантов демпферов, предложенных Микишевым, который мы с ним и предложили высоким инстанциям использовать при конструктивной доработке изделия. Привлекательность предложенного (совершенно нового по тому времени) решения задачи заключалась в том, что доработка могла быть выполнена на заводе при незначительном изменении конструкторской документации и практически не требовала изменений ни структуры, ни параметров АС.

Много лет спустя, получив доступ к американским материалам, мы узнали, что, столкнувшись с теми же проблемами, что и мы, американские специалисты додумались до аналогичных демпферов колебаний жидкости, только преимущественно кольцевой, а не радиальной формы. Что касается наших предложений, то они были утверждены главным конструктором Р-16 Михаилом Кузьмичем Янгелем и воплощены в металл.

Следующая летная машина уже была оснащена второй ступенью с нашими (НИИ-88) демпферами (в последующем демпферы ставились практически на все ракеты). Результаты превзошли все ожидания и подтвердили правильность как диагноза, так и прописанного лекарства (это было большим успехом не только непосредственных исполнителей, но и всего коллектива отдела № 10 и его начальника Анатолия Григорьевича Пилютика).

Особо следует сказать о роли во всей этой истории Георгия Александровича Тюлина, который с самого начала оценил и поддержал все наши начинания. Успешное решение возникшей сложной задачи непосредственно в ходе летных испытаний силами НИИ-88 — это был поистине звездный час для него, как для директора института. Одновременно это заставило надолго умолкнуть недоброжелателей как внутри, так и вне института, роптавших на необоснованную, по их мнению, любовь Георгия Александровича к «своим» динамикам.

В указанной эпопее особенно ярко проявилось наше взаимодействие с лабораторией Г. Н. Микишева и с коллективом, руководимым А. Т. Горяченковым. Мы активно сотрудничали также с моей бывшей родной организацией НИИ-4 МО в лице как Георгия Степановича Нариманова, так и Михаила Михайловича Бордюкова, сменившего его на посту начальника отдела, в котором я когда-то работал. Участвовал в работе и один из сотрудников Бордюкова Герман Моисеев, позднее перешедший в НИИ-88 в отдел динамики, в подразделение Льва Докучаева.

Как вскоре выяснилось, то, что нам удалось сделать, было только началом длительной работы. В ходе ее мы столкнулись

как с неустойчивостью первой ступени Р-16 при работе на максимальные дальности, вызванной теми же динамическими факторами, так и с неустойчивостью второй ступени ракеты «Космос».

Особенно плодотворной оказалась совместная работа с организациями-разработчиками Р-16. Наши личные контакты с их представителями — заместителями главного конструктора КБЮ Николаем Федоровичем Герасютой, Вячеславом Михайловичем Ковтуненко и помощником главного конструктора по летным испытаниям Михаилом Ивановичем Галасем, Яковом Ейновичем Айзенбергом, Владимиром Николаевичем Столетним, Виктором Гавриловичем Сухоревым, Зоей Львовной Петришиной (КБЭ), занимавшейся проблемой стабилизируемости на основе использования частотных методов, и многими другими — переросли в теплые личные отношения, длившиеся много лет. Я. Е. Айзенберг как главный разработчик системы управления Р-16 стал после принятия этого объекта на вооружение лауреатом Ленинской премии, а много лет спустя — Главным конструктором КБЭ. К сожалению, его уже нет в живых.



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО им. М. К. Янгеля
« Ю Ж Н О Е »

М. К. Янгель

Не могу не сказать несколько слов еще об одном человеке, с которым мне посчастливилось лично познакомиться в ходе работы, описанной выше, — Главном конструкторе ракетного комплекса Р-16 Михаиле Кузьмиче Янгеле. Это произошло уже после катастрофы с Р-16, которую Михаил Кузьмич переживал как личную трагедию и как главный конструктор, и как человек, потерявший многих своих друзей, коллег, партнеров, коллег. Некоторых он безуспешно пытался спасти... Свое глубокое личное горе и незаживающую рану он переносил как человек большого мужества, умеющий скрывать свои чувства. Несмотря ни на что, стремился с максимальной тщательностью выполнить свой долг так, как он его понимал.

Ясно, что очередная неудача, хотя и не связанная с человеческими жертвами, воспринималась им на этом фоне очень болезненно. Но, сколько помню, был он всегда собранным, внимательным, корректным, никогда не повышающим голоса. Он равно уважительно общался как со своими заместителями, так и с рядовыми инженерами. Готов был внимательно выслушать чужое мнение, даже если оно не совпадало с его собственным. Словом это был интеллигентный человек в самом лучшем смысле этого слова.

Кроме того, судя по ряду принципиально новых идей, которые были положены в основу ракет, созданных руководимым им

КБ, он был талантливым конструктором, способным мыслить нестандартными категориями и прокладывать свои собственные пути в технике. Те военные, в руки которых в конечном счете попала созданная им и его смежниками боевая ракетная техника, особенно высоко оценили две новаторские идеи, которые он сумел реализовать в своих изделиях: высококипящие компоненты топлива и полностью автономное управление без применения каких-либо наземных радиотехнических средств.

Эти идеи были воплощены в жизнь на целом семействе баллистических ракет, принятых на вооружение и стоявших в течение многих лет на боевом дежурстве. Это относится, в частности, к ракетам средней дальности Р-12 и Р-14 и к межконтинентальной ракете Р-16. На базе первых двух из них были созданы путем оснащения дополнительной ступени носители, используемые по сей день для запуска ИСЗ самого различного назначения.

— *Б. И., в процессе работы, о которой Вы рассказывали, Вам часто приходилось бывать вместе с Вашими коллегами на полигоне, где вы представляли НИИ-88. Не секрет, что далеко не все пуски были в то время успешными. Не случалось ли вам оказываться в ситуации, чреватой реальной опасностью?*

— Такого не могло быть по определению, поскольку наша настоящая работа начиналась после пуска, а находиться вблизи стартовой позиции при подготовке очередного пуска нам было «не положено». Опасность была, разве что, во время езды по бетонке с лихим водителем.

Тем не менее, был один случай, когда мы с Аркадием Тимофеевичем Горяченковым, с которым в то время часто выступали на полигоне Байконур «в тандеме», имели вполне реальные шансы «сыграть в ящик», причем отнюдь не по вине ракетной техники. Случай этот мне хорошо запомнился...

Все начиналось очень хорошо. У нас образовался резерв времени, и мы возвращались с полигона через Ташкент. Мы приобрели билеты на самолет Ту-104, в то время — красу и гордость Аэрофлота, посетили роскошный восточный базар, похожий на встречающиеся только в историях о Ходже Насреддине, и прибыли, полные положительных эмоций, в аэропорт.

Дальше, до определенного момента все шло по плану: «Экипаж приветствует вас на борту нашего лайнера. Пожалуйста, пристегните ремни» и т. д. И вот, по звуку слышно, что двигатели вышли на взлетный режим, и самолет начинает разбег. За иллюминаторами все быстрее убегает назад полоса, позади уже остается большая часть ее длины, и вдруг раздается непонятный удар, и самолет начинает трястись, как в лихорадке. Один из двигателей при этом пронзительно взывает, а затем быстро

замирает. Почти одновременно мы чувствуем, что пилот «на всю катушку» врубает тормоза...

В результате самолет останавливается ровнехонько в самом конце ВПП. Экипаж появляется из своей кабины с бледными лицами, проходит через салон и останавливается перед люком, в ожидании, пока подадут трап. Тем временем стюардессы пытаются успокоить разволновавшихся пассажиров. Поразительно, но никто из них не понимает, что все мы только что вернулись с того света. Их, оказывается, беспокоит, когда же мы теперь полетим...

Улучив подходящий момент, я подхожу к командиру корабля, представляюсь, как авиационный инженер, и спрашиваю, что случилось с двигателем. Как ни странно, но он охотно отвечает (видимо, чувствуя потребность снять стресс); говорит, что, вероятно, кусок льда, оторвавшийся от плохо почищенной ВПП, попал в воздухозаборник, что привело к разрушению нескольких лопаток компрессора (*«В подробностях будут теперь разбираться Ваши коллеги»*).

Все остальное я мог себе легко представить, поскольку Ту-104 являлся гражданской версией бомбардировщика Ту-16, летные характеристики которого я знал, как свои пять пальцев (они входили в курс, который я читал в свое время в КВИАВУ). Суть дела такова: самолет Ту-16 (а следовательно, и Ту-104) может набирать высоту на одном двигателе только, начиная со 150 м.

Следовательно, если бы ЧП случилось чуть позже, нам был бы конец: либо самолет выкатился бы на скорости, близкой к скорости отрыва, за пределы ВПП и врезался в какие-то постройки, либо успел бы оторваться от ВПП и тут же рухнул бы на землю. Результат был бы примерно одинаков. Недавно вспоминали с Аркадием Тимофеевичем эту историю...

И снова неустойчивость, связанная с подвижностью жидкости...

Вернусь от демонстрации того тривиального факта, что никто не знает, какая судьба ему уготовлена, к техническим проблемам. В связи с реализацией программы облета Луны автоматическими космическими станциями, мягкой посадки на Луну и создания ее искусственного спутника возник целый ряд новых сложных проблем баллистики и динамики этих объектов. С некоторыми из этих проблем мы столкнулись, начав взаимодействие с КБ им. С. А. Лавочкина, в которое была полностью передана вся «лунная» и «планетная» (Марс, Венера) тематика.

Главным конструктором этого КБ был в то время Георгий Николаевич Бабакин, проявивший себя как исключительно талантливый разработчик уникальных беспилотных космических аппаратов.

Одной из центральных задач при разработке этих аппаратов была проблема автоматического управления. основополагающий вклад в ее решение внес будущий академик Борис Викторович Раушенбах. Мы с ним будем еще много раз встречаться на страницах этой книги.

Свою работу в этом направлении Б. В., руководивший коллективом единомышленников в КБ Королева, куда он был приглашен С. П., начинал буквально «с чистого листа». Оригинальные технические решения, найденные под руководством Б. В., были воплощены на «Зонде», впервые сфотографировавшем обратную сторону Луны, и в системы управления на первых «Лунниках». Эта работа была продолжена и на новых беспилотных космических аппаратах после того, как С. П. передал соответствующую тематику Г. Н. Бабакину.

Следует сказать, что большую роль в разработке конструктивно-компоновочных схем и элементов конструкции первых беспилотных автоматически управляемых космических аппаратов в КБ Королева сыграл Глеб Юрьевич Максимов.

Не буду останавливаться на замечательных достижениях коллектива под руководством Г. Н. Бабакина в создании автоматических станций для исследования ближнего и дальнего космоса. Назову только два объекта, принесших их создателям славу первооткрывателей: «Луна-9» (первая в мире мягкая посадка на Луну 3 февраля 1966 года) и «Луна-10» (первый в мире искусственный спутник Луны, выведенный на селеноцентрическую орбиту 3 апреля того же года). Вернусь к нашей работе, связанной с динамикой этих объектов. Непосредственным нашим заказчиком был ответственный представитель этого КБ Альвиан Федорович Бутылкин. Наши с ним служебные отношения перешли в дружбу, которая сохранилась до наших дней.

Начав работу с космическими аппаратами с ЖРД («Луна», «Венера» и др.), мы обнаружили на них в дополнение к неустойчивости особо опасную, причем ярко выраженную, собственную динамическую неустойчивость.

Борьба с этими явлениями была бы невозможна без разработки и усовершенствования алгоритмов и программ расчета частот собственных колебаний жидкости и ее присоединенных масс в баках сложной конфигурации, характерных для КА с ЖРД, с радиальными перегородками и радиальными и кольцевыми ребрами.

Определяющий вклад в решение этих задач, начало которым было положено Игорем Богорядом и Зоей Поляковой (применительно к сферической полости), внесли Лев Докучаев и Евгений Стажков.

Именно благодаря их усилиям удалось создать атлас безразмерных гидродинамических коэффициентов для баков самой различной формы, встречающихся в инженерной практике (цилиндрические баки со сферическими днищами, сферические, конические, тороидальные и др.). Большую роль сыграла в этом многолетняя деятельность Евгения Стажкова по дальнейшему развитию вариационных методов, анализу сходимости и точности их численных реализаций. Ее венцом явилась разработанная им универсальная программа расчета безразмерных гидродинамических коэффициентов для полостей вращения с произвольным кусочно-гладким контуром диаметрального сечения. Можно смело сказать, что без целеустремленности и энтузиазма (граничащего с одержимостью) Стажкова появление упомянутого атласа было бы невозможно.

Потребовалось также усовершенствование методов расчета стабилизируемости и собственной динамической устойчивости вышеупомянутых объектов на базе уточненных математических моделей. В решении этих проблем большую роль сыграли исследования Станислава Черемных (вошедшие наряду с некоторыми другими интересными результатами в его докторскую диссертацию), позволившие получить конкретные рекомендации по выбору компоновки и центровки космических аппаратов с ЖРД, имеющих баки самой разнообразной конфигурации.

Упругость корпуса. Ракета Р-14

— *Отвечая на вопрос о влиянии на устойчивость замкнутой системы корпус – автомат стабилизации упругости элементов конструкции, Вы сказали, что во времена Р-1 и Р-2 этот фактор не играл роли. А как обстояло дело в то время, когда появились Р-16 и Р-14? На какие примеры Вы могли бы сослаться, чтобы проиллюстрировать роль этого фактора на новом этапе развития ракетной техники?*

— Проблема учета упругих деформаций корпуса возникла уже на стадии разработки таких объектов как Р-16 и Р-14, имевших тандемное расположение ступеней.

Приведу в качестве примера одну из поучительных историй, связанных с отработкой баллистической ракеты средней дальности Р-14. При первых же летных испытаниях были зафиксированы на первой трети активного участка полета незатухающие колебания в каналах тангажа и рыскания с частотой 4...5 Гц, **очень близкой** к частоте первого тона упругих поперечных колебаний корпуса. Разработчики системы управления из НИИАП не сталкивались с такого рода колебаниями при математическом моделировании возмущенного движения ракеты на их комплексных стендах с подключенной реальной аппаратурой автомата стабилизации.

Если обратиться к существу проблемы, то она сводится к тому, что изгибные и крутильные деформации корпуса при сравнительно низких частотах собственных колебаний доминантных гармоник (спектр частот начинался с нескольких герц) приводили к появлению паразитных обратных связей в контуре управления во всех трех плоскостях стабилизации.

Причина заключалась в том, что гиродатчики углового положения, как и датчики угловых скоростей (ДУСы), не могли разделить полезный сигнал, соответствовавший повороту корпуса в возмущенном движении как жесткого тела, и паразитный сигнал, соответствовавший повороту шпангоута, в плоскости которого располагался датчик, вследствие искривления упругой оси корпуса. Как следствие могла появиться (и иногда появлялась!) динамическая неустойчивость системы упругий корпус – автомат стабилизации на частоте одной из доминантных форм изгибных (как правило) или крутильных (реже) колебаний корпуса.

Проведенный нами анализ выявил наличие неточностей в математической модели, выданной КБЮ разработчикам АС. Расчет форм и частот собственных колебаний корпуса проводился с использованием расчетной схемы простой балки, эквивалентной (по мнению авторов) в интегральном смысле корпусу ракеты. Более точный расчет с учетом перерезывающих сил (балка Тимошенко) показал, что пучность первой формы колебаний сильно смещается, что приводит к нестабилизированности на соответствующей собственной частоте.

Выполнение работы в НИИ-88 происходило в условиях очень жесткого прессинга «сверху», подогреваемого перспективной запуски изделия из шахты. Стоит подчеркнуть, что ее проведение в предельно сжатые сроки стало возможным только благодаря наличию солидного программного обеспечения, основную роль в создании которого сыграл Вадим Кобычкин (он же был одним из главных героев выполненной в форсированном режиме оперативной работы, о которой шла речь). Вадим заслуживает самых добрых слов и как высококвалифицированный разработчик соответствующих алгоритмов и программ, и как человек, наделенный исключительным чувством ответственности и преданностью своей работе, которой он продолжает так же самозабвенно отдаваться и в нынешние, весьма нелегкие, времена.

Неприятное явление в конце концов удалось устранить совместными усилиями КБЮ, НИИАП и НИИ-88.

Проблемы, связанные с упругими деформациями элементов конструкции, в первую очередь, корпуса, еще больше обострилась при переходе к тяжелым носителям типа отечественного

носителя «Протон» разработки ЦКБМ, которым руководил Владимир Николаевич Челомей, и американских носителей «Сатурн-1» и «Сатурн-1В».

Я сейчас с особой теплотой вспоминаю людей, с которыми мы много лет вели совместные работы по Р-16, Р-14 и многим другим объектам КБЮ, Павла Ивановича Никитина, Николая Федоровича Герасюту, Иосифа Менделевича Игдалова, Гарегина Леоновича Мадатова (КБЮ), Михаила Самойловича Хитрика, Марию Ароновну Хазан, Александра Моисеевича Котлярова (НИИАП), Якова Ейновича Айзенберга и его коллег по КБЭ, которых я упоминал выше, а также сотрудников ЦКБМ, с которыми мы вели совместные работы по ракете-носителю «Протон» и его различным модификациям, Владимира Константиновича Карраска, Льва Ивановича Балабуха, Юрия Евгеньевича Ильенко, Александра Эммануиловича Ошерова, Таисию Даниловну Пилипенко, Юрия Александровича Цурикова и многих других.

Проблема продольных колебаний корпуса (POGO). Ракета Р-7

Проблема упругих деформаций корпуса в направлении продольной оси оказалась особенно актуальной для семейства объектов пакетной схемы, представителем которых была первая советская межконтинентальная ракета Р-7, разработанная коллективом во главе с С. П. Королевым. Эти деформации проявлялись в некоторых случаях в форме неустойчивых продольных колебаний корпуса.

Своего апогея проблема достигла, когда началось проектирование сверхтяжелых носителей, являвшихся основными элементами американской и отечественной программ пилотируемых полетов к Луне и высадки первого человека на ее поверхность. Речь идет о носителе «Сатурн-5» США и отечественном носителе того же класса Н-1.

Картина осложнялась тем, что вступали в игру упругие деформации днищ и обечаек баков (т. е. возникали оболочечные, а не только балочные формы колебаний) и деформация упругих стенок топливных магистралей и самого столба жидкости.

В результате всей сложной картины пространственных деформаций формировалась замкнутая система упругий корпус – жидкость в баках и магистралах – ЖРД, в которой роль исполнительного элемента играл ЖРД, а роль паразитной обратной связи — изменение давления на входе в насосы окислителя и горючего. В этом канале при неблагоприятных фазовых условиях также возникала в ряде случаев динамическая неустойчивость на одном из участков траектории.

Явление неустойчивых продольных колебаний корпуса впервые заявило о себе при летных испытаниях лунного ва-

рианта ракеты Р-7. Об этой ракете следует сказать особо. Она была создана под руководством Сергея Павловича Королева как межконтинентальная баллистическая ракета, поставленная в этом качестве на боевое дежурство. Появление ее знаменовало собой прорыв в ракетной технике. Поистине гениальной была ее пакетная конструктивно-компоновочная схема.

Сама идея «пакета» рассматривалась раньше М. К. Тихонравовым, но новая, причем совершенно оригинальная компоновка, воплощенная в реальную конструкцию, была разработана главным конструктором ракеты Р-7 Сергеем Сергеевичем Крюковым.

Мощные ЖРД РД-107 и РД-108 первой и второй ступеней ракеты, работавшие на жидком кислороде и керосине, были разработаны под руководством патриарха отечественного ракетостроения, Валентина Петровича Глушко, начинавшего свою работу в легендарной Ленинградской газодинамической лаборатории (ГДЛ), уникальная по тому времени система управления была создана под руководством Николая Алексеевича Пилюгина.

Различные модификации этой ракеты превратили ее впоследствии в мощный носитель беспилотных и пилотируемых космических аппаратов. В частности, ее модификация «Восток», оснащенная третьей ступенью с двигателем конструкции Семена Ариевича Косберга, вывела на орбиту первый искусственный спутник Земли, а затем — корабль «Восток» с первым космонавтом планеты на борту, Юрием Гагариным. Дальнейшим развитием «Востока» был носитель «Восход», обеспечивший выведение на орбиту космических кораблей нового поколения «Восход». Модификация «Союз» ракеты Р-7 находится «в строю» в наши дни. Все упомянутые мной Главные конструкторы вписали свои имена, как и многие их «братья по оружию», в летопись ракетно-космической техники.

Вернусь назад к лунному варианту этой ракеты. Первые два ее пуска, проведенные в 1958 году 23.09 и 12.10, закончились однотипными авариями — разрушением пакета на конечном участке полета первой ступени. Анализ телеметрии показал, что разрушение пакета явилось следствием продольных колебаний корпуса на частоте, возраставшей от 9 до 13 Гц, практически совпадавшей с частотой первого тона собственных продольных колебаний корпуса. Эти колебания сопровождалась колебаниями давления в камерах сгорания маршевых двигателей с амплитудой, достигавшей 4,5 атм.

Драматические события, связанные с этим совершенно новым, опаснейшим явлением, описаны одним из участников этой героической эпопеи Борисом Евсеевичем Чертоком (*Черток Б. Е.*

Ракеты и люди, Фили, Подлипки, Тюратам. М.: Машиностроение, 1996). Для борьбы с неустойчивостью были мобилизованы лучшие интеллектуальные силы, и в конце концов с ним удалось справиться совместными усилиями НИИ тепловых процессов (НИИТП) и ОКБ-1. Были применены специальные гидравлические аккумуляторы, резко снизившие частоту собственных колебаний жидкости в магистралях. Главная заслуга в этом принадлежит сотруднику НИИТП (ныне Центр им. акад. М. В. Келдыша) Миرونу Семеновичу Натанзону.

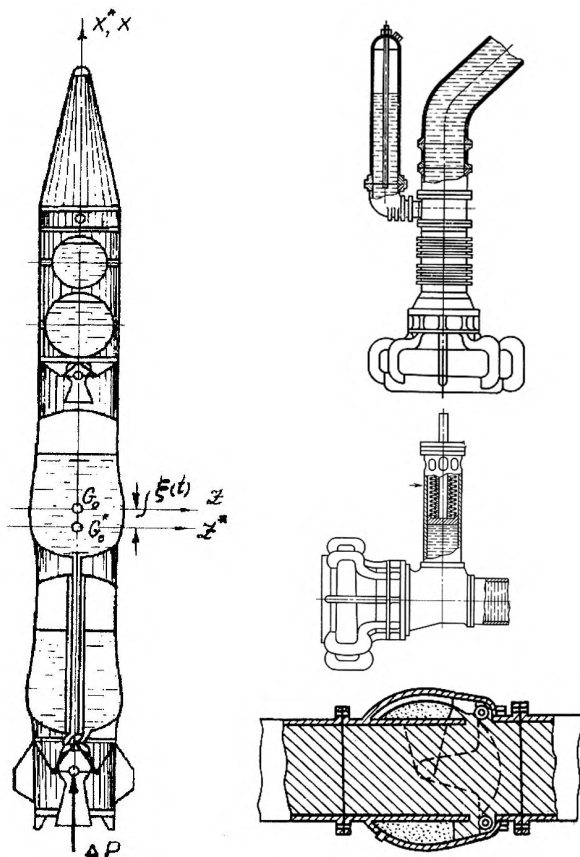


Схема явления РОГО и гидроаккумуляторы, ограничивающие это явление на первой и второй ступенях ракеты «Титан-2» и на первой ступени ракеты-носителя «Сатурн-5» (США)

Совершенно ясно, что с описанным явлением должны были рано или поздно столкнуться американские конструкторы аналогичных объектов. И это действительно произошло в 1962 году при летных испытаниях межконтинентальной баллистической ракеты «Титан-2», в процессе которых были зафиксированы в конце активного участка полета продольные колебания корпуса и колебания давления в камерах сгорания ЖРД с частотой, постепенно возрастающей от 9...10 до 13...15 Гц и амплитудой перегрузки, доходившей в районе головной части до 2,5g (тогда и родился термин POGO, который придумали американцы для упомянутого явления).

Поясню, что этот термин связан со своего рода ходулей, снабженной пружинным амортизатором, позволяющей делать короткие прыжки. С использованием этого устройства 31-летний уроженец Нью-Йорка Ашрит Фурман преодолел, непрерывно прыгая в течение 8 часов и 21 минуты, расстояние 18,68 км. Этот рекорд был занесен в книгу рекордов Гиннеса.

Наблюдавшаяся на ракете «Титан-2» неустойчивость, которую считали допустимой для баллистической ракеты, исключала возможность запланированного использования этой ракеты для вывода на околоземную орбиту пилотируемых космических кораблей «Джемини».

Потребовались серьезные конструктивные доработки, чтобы снизить на порядок амплитуду продольных колебаний в районе размещения кабины астронавтов (до 0,2g), которую ответственные лица, избавленные от необходимости испытывать такую перегрузку на себе, признали приемлемой для астронавтов (?!). Эта работа заняла порядка двух лет и обошлась американским налогоплательщикам (по данным, опубликованным в США) в \$ 1 000 000.

Вы, вероятно, пожелаете узнать, додумались ли американцы, не знавшие по известным причинам о наших технических достижениях, до каких-либо более остроумных решений, и удалось ли нашим разработчикам и их американским коллегам полностью справиться с проблемой POGO. Ответ на оба эти вопроса будет отрицательным:

1. Ничего оригинального наши американские коллеги не придумали, как и в случае борьбы с колебаниями жидкости, — тот же гидроаккумулятор, только несколько иной конструкции (см. доклад *Goldman R.L. Elimination of POGO instability from the Gemini launch vehicle. Dynamic stability of structures // Proc. of an Intern. Conf. held at Northeastern Univ., Evanston, Illinois, Oct. 1965*).
2. Нет, не удалось ни тем, ни другим, и последствия этого были в равной степени неприятными для обеих сторон.

Эта проблема снова возникла в США при летных испытаниях великого творения фон Брауна — тяжелой ракеты-носителя «Сатурн-5», проложившей человеку путь к Луне. История эта была совершенно иного масштаба, чем связанная с «Джемини».

Любопытно, что один из альтернативных вариантов анти-ROGO мероприятий также имеет отечественное происхождение и принадлежит С. Л. Цыфанскому (автору «молотка Цыфанского»), который предложил в целях резкого уменьшения амплитуды продольных колебаний осуществлять соединение ступеней ракеты с использованием специально спрофилированных стыковочных шпангоутов с нелинейной упругой характеристикой.

Много лет спустя с рецидивом проблемы ROGO столкнулись и в СССР в процессе летных испытаний баллистической ракеты УР-100 Н, во время которых явление ROGO проявилось, несмотря на предусмотренные в конструкции «анти-ROGO» мероприятия, в самой что ни на есть классической форме, то есть в конце активного участка полета (при стрельбе на максимальную дальность), когда ракета уже была принята на вооружение. Самое скверное заключалось в том, что колебания приборного отсека неблагоприятным образом отразились на точности работы командных приборов, что привело к недопустимым отклонениям по дальности.

История (достаточно типичная) последовавших за этим событием описана в книге *Мозжорин Ю. А.* Так это было... Мозжорин в воспоминаниях современников. М.: ЗАО «Международная программа образования», 2000. Главным ее героем оказался снова М. С. Натанзон, предложивший разместить в хвостовом отсеке ракеты классический динамический гаситель колебаний, настроенный в «антирезонанс» с частотой ROGO. Этот гаситель был реализован в форме 4 грузов на упругой подвеске, имевших общую массу порядка 200 кг. Его применение обеспечило снижение амплитуды колебаний до допустимого уровня.

Борьба с явлением ROGO стимулировала разработку соответствующих математических моделей и проблемно-ориентированных методов исследования устойчивости продольных колебаний в нашем коллективе.

В процессе этих работ, трудно отделимых от проблем динамической прочности, которыми я занимался совместно с Вячеславом Шмаковым и его сотрудниками, мы установили контакт с прочностным комплексом НИИ-88, руководимым Александром Васильевичем Кармишиным, и соответствующими подразделениями КБЮ, а также — нового для нас КБ, возглавляемого Генеральным конструктором Владимиром Николаевичем Челомеем.

Столкнувшись вплотную с проблемой POGO, мы получили довольно серьезный сигнал для того, чтобы заняться дальнейшим уточнением математической модели, описывающей упругие колебания корпуса, а также развернуть серьезные работы по научно обоснованному учету не только балочных, но и оболочечных деформаций корпуса и его элементов. Потребовалось проведение большого комплекса теоретических исследований, в которых ведущая роль принадлежала Вячеславу Шмакову и возглавляемому им коллективу, а также Юлиану Швейко, работавшему в лаборатории Г. Н. Микишева.

В. П. Шмакову удалось разработать оригинальный метод решения задач динамики упругих систем, обобщающий метод Бубнова–Галеркина, позволивший получить ряд важных практических результатов и внести весомый вклад в решение широкого класса краевых задач математической физики. Сам метод и его приложения были опубликованы впоследствии Шмаковым в периодических изданиях АН СССР.

Ю. Ю. Швейко внес большой вклад в исследования по динамике корпуса ракеты как пространственной упругой тонкостенной конструкции. Начав с задач аэрогидроупругости, он перешел затем к задачам теории колебаний оболочек, включая подкрепленные оболочки и оболочки с жидкостью. Его исследования сыграли большую роль в научно обоснованной интерпретации результатов динамических испытаний конструктивно подобных моделей, разговор о которых у нас впереди. Швейко принадлежит большое число научных публикаций, включая соавторство в нескольких монографиях. Не могу не подчеркнуть, что Юлиан Юрьевич часто играл не простую роль связующего звена между экспериментаторами и теоретиками.

— *Борис Исаакович, Вы невольно коснулись событий, связанных с моей научной юностью. Именно Юлиан Юрьевич был моим первым наставником (за что я ему бесконечно благодарен), когда я, защитив дипломный проект, попал в Ваше подразделение. Наше творческое содружество с Ю. Ю., вылившееся во множество совместных исследований и научных публикаций, продолжается и по сей день.*



К портрету А. М. Исаева

— *Говоря о POGO, Вы имели в виду неустойчивые продольные колебания корпуса, связанные со сложным динамическим взаимодействием целого ряда подсистем. Возможна ли ситуация, когда никакого POGO нет, то есть система в целом устойчива, а какая-то из подсистем имеет, так сказать, внутреннюю неустойчивость?*

— Да, такая ситуация в принципе возможна, в частности в том случае, когда наблюдаются незатухающие колебания (т. е. неустойчивость «в малом») в гидравлическом тракте топливная магистраль – насос. Эти колебания могут быть, например, связаны с образованием нестационарных кавитационных каверн на острых кромках шнеков высокооборотных центробежных насосов (шнек — это специальная крыльчатка с направляющими лопатками, конструктивно объединенная с колесом насоса. — А. Б.). Если такие колебания существуют (а их частота может составлять несколько десятков герц), то они будут наблюдаться и при холодных проливках, то есть при чисто гидравлических испытаниях ЖРД.

С такого рода явлением пришлось столкнуться на одном из своих ЖРД Главному конструктору Алексею Михайловичу Исаеву, и услышал я об этом от него самого. Однако сначала — несколько слов об этом незаурядном человеке.

Напомню, что я уже упоминал его фамилию в начале нашей беседы, когда шла речь о первом советском экспериментальном самолете с ЖРД БИ-1. Молодой еще тогда конструктор А. М. Исаев сконструировал двигатель для этого самолета.

В последующие годы А. М. проявил себя как талантливый конструктор все более совершенных ЖРД и как руководитель большого творческого коллектива, сохранившего и в наши дни «исаевские» традиции. Из стен этого КБ вышли ЖРД, применявшиеся на автоматических межпланетных станциях «Луна», «Венера», «Марс».

А. М. особенно широко известен благодаря созданной под его руководством тормозной двигательной установке (ТДУ) космических кораблей «Восток», «Восход» и «Союз». Помимо ряда оригинальных конструкторских решений, эта ТДУ отличается исключительно высокой надежностью, что особенно важно потому, что именно эта ТДУ обеспечивает сход пилотируемого космического корабля в целях возвращения его на Землю.

А теперь — об обстоятельствах, позволивших мне познакомиться с А. М.

Как-то мне и Г. Н. Микишеву позвонил по телефону начальник отдела Анатолий Григорьевич Пилютик и пригласил нас принять участие в беседе с находящимся в его кабинете Главным конструктором А. М. Исаевым. Когда мы с Микишевым появились в кабинете А. Г. и были представлены Исаеву, тот повторил то, что уже успел сообщить Пилютику, а именно, что хочет посоветоваться с ведущими динамиками НИИ-88 по вопросу, который вызывает у него определенную озабоченность. Замечу, кстати, что Исаев, невзирая на свое высокое положение, пришел пешком (один, без свиты, которая обычно сопровождает в таких

случаях именитые особы) с дальнего конца обширной территории, где размещалось его КБ, выделившееся в свое время из НИИ-88.

Вопрос, заданный Исаевым, как раз касался колебаний, речь о которых шла выше. Исаев сказал, что такого рода колебания были зафиксированы в топливном тракте его ЖРД на одном из изделий. Для самого двигателя эти колебания никакой опасности не представляли, что было надежно проверено еще в ходе огневых испытаний. Однако он хотел бы выяснить, не повлияют ли они в отрицательном смысле на динамику изделия в целом, включая конструкцию корпуса и функционирование бортовых приборов и систем, не связанных непосредственно с ЖРД.

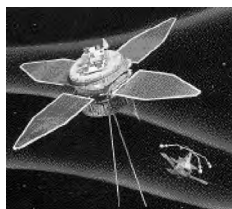
При летно-конструкторских испытаниях (ЛКИ) изделия, о которых шла речь, сколько-нибудь заметных колебаний, которых опасался Исаев, на пленках телеметрии мы никогда не наблюдали (их, по-видимому, замечали только двигателисты на тех каналах, которые относились непосредственно к параметрам ЖРД). Поэтому ни о каких явлениях, напоминающих POGO, говорить не приходилось. Тем не менее, обсудив все *pro и contra*, мы посоветовали нашему собеседнику постараться эти колебания в гидравлическом тракте все же устранить.

Наша аргументация носила, правда, не технический, а скорее политический характер, и звучала так: *«Алексей Михайлович, судя по известным нам результатам ЛКИ, для динамики изделия в целом и его бортовых систем эти колебания опасности не представляют. Однако вообразите себе ситуацию, при которой в ходе очередного пуска произойдет отказ какого-либо из бортовых приборов, причину которого не удастся надежно идентифицировать»*.

Можно не сомневаться, что когда всю телеметрию начнут рассматривать, так сказать, „под микроскопом“, то даже малые по амплитуде незатухающие колебания в гидравлическом тракте ЖРД не останутся незамеченными. На очередном заседании Госкомиссии найдется немало желающих списать любой невыясненный отказ на эти колебания, за которые Вы несете персональную ответственность как главный конструктор, причем „презумпция невиновности“ в этом случае, как Вы хорошо знаете, действовать не будет».

Исаев внимательно нас выслушал и сказал примерно следующее: *«Думаю, что вы совершенно правы. Спасибо, что привлекли мое внимание к этому весьма важному, хотя и отнюдь не динамическому аспекту проблемы. Я постараюсь все это как следует обдумать и, по-видимому, последую вашему совету»*. После этого он вежливо простился и двинулся в обратный путь, попросив его не провожать.

Как развивались события дальше, я не помню, впрочем, это уже не так важно. Об А. М. Исаеве сказано и написано очень много, причем не только как о талантливом конструкторе, но и как об очень хорошем, глубоко порядочном человеке. Сошлюсь, в частности, на книгу Марка Галлая (*Галлай М. Л. С человеком на борту. М.: Советский писатель, 1985*). Рассказанный мною эпизод — это лишь небольшой штрих к портрету А. М. Исаева. Более подробно об этом замечательном конструкторе и человеке можно прочитать в книге *Куприянов В. К., Чернышев В. В. И вечный старт. М.: Московский рабочий, 1988*.



ИСЗ. Упругость антенн

— Говоря о влиянии деформаций на динамику объектов РКТ, Вы, по существу, затрагиваете только элементы конструкции корпуса баллистических ракет и ракет-носителей космических аппаратов. Однако проблема, по-видимому, является достаточно острой и для крупногабаритных ИСЗ и КА?

— Вы совершенно правы. И если для первых, сравнительно небольших по массе, компактных ИСЗ и КА упругими деформациями можно было пренебрегать, то по мере роста массогабаритных характеристик объектов и появления таких элементов конструкции, обладающих очень малой жесткостью, как солнечные батареи, длинные штыревые антенны, различные штанги с приборами на концах, вынесенными на достаточное расстояние от корпуса, упомянутая Вами проблема стала очень острой.

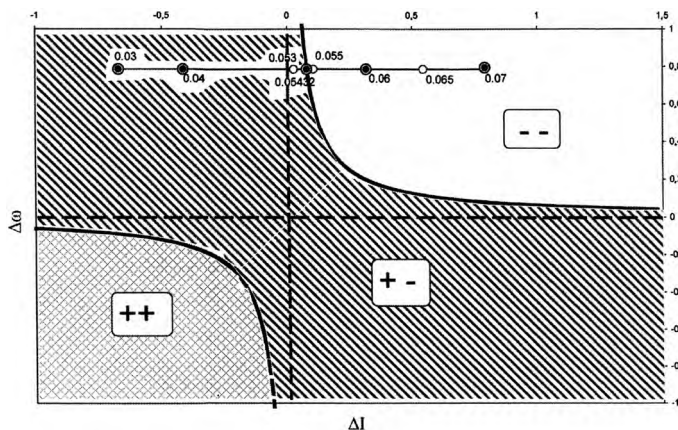
Мы начали впервые заниматься ей совместно со Львом Докучаевым в описываемый период. Проведенные тогда предварительные исследования получили дальнейшее развитие в обширном цикле работ, выполненном в последующие годы Докучаевым. Наиболее интересные результаты касаются вращающихся объектов со сравнительно жестким корпусом и упругими элементами типа солнечных батарей и штыревых антенн, связанных с этим корпусом. Оказалось, что существует целый ряд нетривиальных случаев неустойчивости объектов, стабилизированных вращением, обусловленных упругостью элементов конструкции, перечисленных выше.

Итоги многолетней работы в этом направлении были опубликованы в содержательной монографии Докучаева «Нелинейная динамика летательных аппаратов с деформируемыми элементами» (М.: Машиностроение, 1987).

По иронии судьбы к упомянутым проблемам пришлось снова обратиться в связи с явлением, которое было обнаружено в

1998 году на отечественном ИСЗ «Интербол-2» («Авроральный зонд»), запущенном 29 августа 1996 года. Были все основания полагать, что постепенная потеря устойчивости этого вращающегося объекта (к счастью, достаточно медленная!) объяснялась слишком малой жесткостью штыревых антенн (о чем говорится в статье *Эйсмонт Н.А.* и др. // *Космич. исслед.* 1998. Т. 36. № 3). Кстати, в этом же номере журнала опубликована статья Виктории Прохоренко, посвященная ситуационному анализу орбит ИСЗ «Интербол» и продолжающая исследования, которые она начала еще в ЦНИИМаш.

Путем математического моделирования на основе теории, упомянутой выше, удалось не только доказать неустойчивость «Аврорального зонда», но и получить полное согласование с данными телеметрии, характеризующими эту неустойчивость. Соответствующие результаты были опубликованы в статьях *Докучаев Л.В., Рабинович Б.И.* Анализ возмущенного движения вблизи границы устойчивости вращающегося КА типа «Авроральный зонд» проекта «Интербол» // *Космич. исслед.* 1999.



Области устойчивости и неустойчивости для осесимметричного объекта с упругой антенной, расположенной вдоль оси вращения, в плоскости безразмерных параметров $\Delta\omega$, ΔI . Первый из них — это разность квадратов собственной частоты колебаний антенны и угловой скорости вращения КА, отнесенная к квадрату угловой скорости, а второй — разность моментов инерции относительно оси вращения и поперечной оси, отнесенная к последнему моменту инерции. Знак «- -» соответствует двум устойчивым корням характеристического уравнения, знак «+ -» — одному неустойчивому корню, знак «+ +» — двум неустойчивым корням; числа на горизонтальной прямой — это значения безразмерной частоты собственных колебаний антенны

Т. 37. № 6. и *Докучаев Л.В., Назиров Р.Р., Рабинович Б.И., Ульяшин А.И.* О согласовании математической модели нутации спутника «Интербол-2» с летным экспериментом // *Космич. исслед.* 2000. Т. 38. № 5.

Следует отметить две особенности неустойчивости рассматриваемого класса. Во-первых, инкремент нарастающих колебаний увеличивается с ростом градиента диссипативных сил. Во-вторых, то же происходит при увеличении угловой скорости собственного вращения объекта. Последний факт был непосредственно проверен в ходе летного эксперимента.

Конструктивно-подобные модели (КПМ)

Хотел бы обратить внимание на то обстоятельство, что сам по себе теоретический анализ не позволял учесть целый ряд особенностей, присущих реальной конструкции. Это относится как к баллистическим ракетам, так и к ракетам-носителям и космическим аппаратам. Поэтому получение математических моделей, удовлетворяющих по своей структуре и параметрам всем запросам практики, было бы невозможно, если бы в отделе № 10 не был в свое время развернут комплекс экспериментальных исследований на физически- и конструктивно-подобных моделях.

Инициатором и идеологом этого направления, сыгравшего выдающуюся роль не только в деятельности указанного отдела, но и института в целом, был Геннадий Никифорович Микишев. Невозможно переоценить также роль в этом начальника лаборатории, ответственного за проектирование и изготовление конструктивно-подобных моделей, Владимира Григорьевича Степаненко, замечательного мастера и энтузиаста своего дела. Бесконечно жаль, что обоим этим людям, с которыми меня связывали долгие годы совместной работы, многие общие радости и печали, уже нет в живых.

— Я разделяю Ваши чувства, Борис Исаакович, поскольку сам в течение многих лет был связан по работе и с Г.Н. Микишевым и с В.Г. Степаненко. Хотелось бы обсудить более подробно проблемы, связанные с использованием КПМ, занимавших такое большое место в жизни и деятельности Геннадия Никифоровича и Владимира Григорьевича. Известно, что применение КПМ позволяет эффективно определять динамические характеристики ракетных конструкций задолго до создания летного образца, тем самым существенно удешевляя отработку динамики ракет. Более того, использование КПМ обеспечивает возможность еще на этапе выдачи технического задания на разработку системы управления выявить некоторые особенности динамики создаваемой конструкции.

По свидетельству начальника лаборатории знаменитого отдела № 10 (отдела динамики) НИИ-88 — Владимира Георгиевича Степаненко, который занимался проектированием и конструированием КПМ, таких моделей было создано и испытано в ЦНИИМаиш за период с 1959 по 1992 годы свыше 40 (не считая отдельных ступеней и блоков) для более чем 25 изделий отрасли. Вы тесно сотрудничали с родоначальником этого направления в НИИ-88 Г. Н. Микишевым и можете дать наиболее объективную оценку приоритетов, достижений, может быть, и неудач...

Что общего и в чем различия в отработке ракетных конструкций в отечественной и зарубежной практике, в частности, в соотношении расчетно-теоретических исследований с применением физически подобных и конструктивно подобных моделей, различных стендовых испытаний, в том числе, натурных динамических испытаний?

— Я не специалист по конструктивно-подобному моделированию и не могу выступать здесь как эксперт. На мой взгляд, это важное научное направление еще ждет своих историков и летописцев.

Петр Петрович Вершигора, начальник разведки в отряде легендарного партизанского командира Сидора Артемьевича Ковпака, писал в своих воспоминаниях, что получал от одного из своих разведчиков, возвращавшегося после выполнения очередного задания из-за линии фронта, доклад в такой форме: «Видел сам», «Думаю» и «Хлопцы говорят». Попытаюсь поэтому ответить на Ваши вопросы, оставаясь в границах категории «видел сам», то есть в рамках доступной мне информации, связанной с моим личным опытом или почерпнутой из надежных источников.

Прежде всего следует сказать, что конструктивно подобное моделирование является уникальным методом наземной отработки сложных конструкций объектов как ракетно-космической, так и авиационной техники. При всей важности этого направления для авиации я буду говорить только о более известной мне первой из упомянутых областей.

Никакой самый искусный теоретический расчет не может, к сожалению, даже в настоящее время представить спектр частот и форм собственных колебаний сложной пространственной тонкостенной конструкции ракеты или КА с полнотой и точностью, необходимыми для проектирования системы управления (СУ). В частности, не представляется возможным надежно описать математически даже основные элементы конструкции корпуса таких объектов: подкрепленные оболочки, анизотропные вафельные панели, сложные элементы силового каркаса,

не говоря уже о различных болтовых и сварных соединениях, термомостах, стыках отсеков, узлах соединения боковых блоков с центральным (если таковые имеются) и т. д. Конструктивно подобные модели доставляют в этом смысле бесценную информацию.

Подразделения Микишева и Степаненко (начальники модельной мастерской и конструкторской группы — В.И. Сафронов и Е.Г. Бедняшин соответственно) обеспечили беспорный приоритет НИИ-88 в этой области в отечественной РКТ. КПМ большинства важнейших ее объектов, выполненные в масштабах 1:10 или 1:5, а иногда и в обоих масштабах одновременно, прошли в НИИ-88 обширные динамические испытания.

Сами эти модели являются настоящими шедеврами инженерного искусства. В них воспроизводится не только материал и геометрия элементов конструкции реального объекта, но и целый ряд тонкостей технологии, что обеспечивает в совокупности максимально возможное удовлетворение критериев подобия.

Это относится, например, к затяжке стыковых соединений, воспроизводящей осевую перегрузку на различных участках полета, моделированию люфтов и т. д. и т. п. Конструкция стрингеров и шпангоутов, соединяющих их фитингов и других элементов силового каркаса воспроизводится при этом с ювелирной точностью. Толщина стенок вафельных панелей доводится химическим фрезерованием до 0,1 мм, чтобы выдержать подобие с реальной конструкцией. Все это делалось руками уникальных мастеров, каждый из которых мог бы успешно конкурировать с Левшой, созданным фантазией Лескова. Назову лишь несколько фамилий: П. П. Андреев, В. И. Веселкин, А. В. Гричаненко, Д. Г. Корытов.

Надо сказать, что сама теория подобия применительно к КПМ является сложной самостоятельной наукой, в развитие которой внес большой личный вклад Г. Н. Микишев. Модели таких сверхтяжелых носителей как «Сатурн-5» и Н-1, выполненные в масштабе 1:10, имели размеры порядка 10 м в высоту и больше метра в диаметре, что сопоставимо с размерами наших первых баллистических ракет Р-1 и Р-2!

Цикл динамических испытаний КПМ занимал несколько месяцев, а для наиболее сложных объектов доходил до года. Следует подчеркнуть, что есть важный класс параметров, которые вообще практически не поддаются расчету, а могут быть определены только экспериментально — это коэффициенты демпфирования, соответствующие доминантным формам собственных колебаний конструкции.

Не следует, однако, думать, что сами по себе динамические испытания доставляют исчерпывающую информацию, необ-

ходимую для проектирования сложных объектов. Адекватная расшифровка и интерпретация результатов динамических испытаний КПМ была бы невозможна (и невозможна сейчас) без непрерывного параллельного проведения обширного комплекса теоретических исследований. В ходе этих исследований уточняются как структура, так и параметры математических моделей, позволяющих пересчитать потом тщательно проверенные и внутренне согласованные результаты на натуру.

Особенно это относится к случаям, когда сильно сказываются эффекты оболочечных деформаций, вследствие чего спектр частот собственных колебаний конструкции оказывается очень плотным, а соответствующие формы собственных колебаний близкими друг к другу. Именно в ходе такого рода исследований особенно ярко проявлялась плодотворность нашей совместной работы с подразделением Микишева, в частности, с его ведущими сотрудниками Вячеславом Аминовым, Юрием Горбуновым, Николаем Дорожкиным, Виктором Кулешовым, Николаем Прониным, Геннадием Чуриловым, Юлианом Швейко.

В связи со сказанным возникает вопрос о роли и месте натурных динамических испытаний. Такие испытания также очень важны, и роль их трудно переоценить. Натурные динамические испытания, конечно, неизмеримо дороже, чем испытания КПМ, и имеют меньшую гибкость, однако такие испытания, проводившиеся в отделении прочности Александра Васильевича Кармишина (ныне — Центр исследований прочности во главе с Николаем Георгиевичем Паничкиным. — А. Б.), сыграли большую роль в получении «динамических портретов» ряда объектов РКТ.

Параллельно с натурными испытаниями в этом отделении проводились также расчеты напряженно-деформированного состояния и устойчивости корпуса, представляющего собой сложную подкрепленную тонкостенную конструкцию (подразделения, возглавляемые Сергеем Ивановичем Трениным, Владимиром Григорьевичем Старцевым, Дмитрием Леонидовичем Быковым и др.). Наиболее идеальной комбинацией, по-видимому, следует считать совокупность теоретических расчетов, испытаний крупномасштабных КПМ и натурных объектов и, наконец, летные испытания (ЛИ). При этом оптимальная стратегия заключается в максимальной наземной отработке, так как самые большие затраты на нее оказываются оправданными, если позволяют сохранить при ЛИ хотя бы один дорогостоящий объект, который в противном случае был бы потерян.

Переходя к сравнению отечественной методологии решения этой сложной комплексной проблемы с известной нам методологией, применяющейся в США, должен сказать, что американцы

были более последовательны, чем мы. Однако масштаб их расчетно-теоретических исследований, характер и объем экспериментов на КПМ были сопоставимы с нашими. Об этом мы могли достаточно квалифицированно судить, изучая многочисленные отчеты NASA по испытаниям КПМ таких объектов как «Сатурн-1», «Сатурн-1В», «Сатурн-5», содержавшие детальную информацию о полученных формах и частотах поперечных, крутильных и продольных колебаний корпуса и результатах их сравнения с теоретическими расчетами. Любопытно, что для моделирования колебаний жидкого водорода в баках 2-й и 3-й ступеней носителя, обладающего очень малым удельным весом, было использовано... огромное количество шариков от настольного тенниса.

Однако, в отличие от нас, американцы умудрились создать гигантский стенд, на котором провели натурные динамические испытания «Сатурна-5», правда, значительно более скромного объема, чем на КПМ. Результаты оказались достаточно близкими к тем, которые были получены при экспериментах с использованием КПМ.

Между прочим, американцы пошли и на такой шаг, как создание уникального стенда для огневых испытаний всей связки из пяти ЖРД F-1 первой ступени носителя «Сатурн-5», с суммарной тягой более 3000 тс. На определенном этапе реализации отечественной программы создания сверхтяжелого носителя Н-1 считалось большим достижением то, что мы обошлись без такого стенда.

Полностью разрушенное при втором неудачном пуске Н-1 (3 июля 1969 года) стартовое сооружение, которое пришлось восстанавливать больше двух лет, было достаточно наглядным опровержением этой точки зрения. А первоначальной причиной аварии был отказ одного из ЖРД блока А! Нельзя не сказать, что исследованиям, связанным с динамикой Н-1, повезло больше: в НИИ-88 (в то время уже — ЦНИИМаш) была изготовлена прекрасная КПМ в масштабе 1:10, всесторонние динамические испытания которой дали очень много ценного материала для доработки конструкции этого объекта. Для более детального исследования масштабного эффекта была дополнительно изготовлена и испытана КПМ третьей ступени Н-1 (блок В) в масштабе 1:5.

Игорь Эрлих

— *Мало, кто знает, что существовал принципиально иной вариант управляемой посадки КА, чем тот, который был реализован в системах Space Shuttle и «Энергия – Буран», предложенный известным авиационным конструктором в об-*

ласти вертолетостроения Игорем Александровичем Эрлихом (заместителем Н. А. Камова), с которым Вы были дружны в течение многих десятилетий. Еще меньше читателей знает, что Сергей Павлович Королев договорился в свое время с Игорем Александровичем о переходе того в ОКБ-1 в качестве заместителя С. П. для реализации проекта Эрлиха «вертолетной», а не «самолетной» посадки КА. Что Вы можете рассказать об этом и о самом Игоре Александровиче?

— Расскажу сначала об Игоре Александровиче Эрлихе, а потом вернусь к тому эпизоду его биографии, с которого Вы начали свой вопрос.

Игорь Александрович был замечательным авиационным конструктором — так сказать «конструктором от бога» — широко мыслящим, блестяще эрудированным, с исключительными творческими потенциями. И хотя формально он был главным конструктором только в течение того периода, когда занимал этот пост в Ленинградском филиале КБ А. С. Яковлева, но по существу стал Главным конструктором (с большой буквы) гораздо раньше, будучи еще формально заместителем Александра Сергеевича (впоследствии он снова стал заместителем Главного, на этот раз в КБ Н. А. Камова).

Именно в Ленинграде И. А. создал замечательный вертолет — «летающий вагон», получивший в силу традиций того времени маркировку Як-24 по фамилии А. С. Яковлева, который, хотя и занимал высокий пост Главного конструктора своей фирмы, к созданию этой машины никакого отношения не имел.

В отличие от классической одновинтовой схемы, предложенной еще в 1912 году будущим академиком Борисом Николаевичем Юрьевым, Як-24 имел двухвинтовую схему, с последовательным расположением несущих винтов.

Создание будущего Як-24 шло с большими трудностями, как техническими (в нашей стране это был первый вертолет такой схемы, хотя в США она завоевала себе прочные позиции и широко применялась на вертолетах Игоря Сикорского), так и политическими. Игорь Александрович много мне рассказывал о проблемах динамики и устойчивости этой машины, с которыми он столкнулся на этапе наземных и летных испытаний.

Я с удивлением слышал в описании им этих проблем знакомые мелодии: в случае вертолета это были колебания корпуса при раскрутке винтов перед взлетом («земной резонанс»), колебания корпуса в полете из-за паразитных связей между общим шагом лопастей обоих несущих винтов в силу упругих деформаций элементов конструкции и т. д.

Здесь не место останавливаться на тех остроумных технических решениях, которые нашел И. А. для исключения всех этих

опасных явлений. Расскажу только об одном из них, связанном с «земным резонансом». Земной резонанс — это интенсивные колебания вертолета в плоскости, в которой расположены его несущие винты, в процессе их раскрутки, предшествующей взлету.

Амплитуда этих колебаний достигает максимума при резонансе, когда угловая скорость вращения винтов приближается к круговой частоте собственных колебаний вертолета в плоскости, проходящей через оси винтов. Эта угловая скорость постепенно возрастает в процессе раскрутки винтов от нуля до значения, соответствующего отрыву машины от земли.

Что касается частоты собственных колебаний, то она определяется двумя факторами: упругостью пневматиков и упругостью массы сжатого воздуха в амортизационных стойках шасси. Эта частота в силу нелинейности системы падает по мере уменьшения нагрузки на шасси вследствие увеличения подъемной силы винтов.

В результате в какой-то момент времени система проходит через резонанс. Именно в этот момент амплитуда колебаний может достичь значений, опасных с точки зрения прочности элементов конструкции. Последствия могут быть очень серьезными. Так, незадолго до описываемых событий, в Ростове потерпел аварию при наземных испытаниях вследствие земного резонанса тяжелый вертолет Ми-6.

На вертолете Як-24 это явление не носило столь катастрофического характера, но после очередного его возникновения при приближении к критическому режиму, несмотря на некоторые проведенные паллиативные мероприятия, наземные испытания пришлось остановить.

И тут И. А. совершенно неожиданно нашел оригинальное решение, позволившее полностью снять с повестки дня проблему земного резонанса. Произошло это при следующих обстоятельствах. После очередного выключения двигателей И. А., руководивший испытаниями, объявил перекур, и в который раз начал размышлять о том, как справиться с этим чертовым резонансом.

Его механики гоняли тем временем по полю футбольный мяч. И вдруг его внимание привлек к себе один из игроков, который, используя паузу, возникшую в игре, поставил ногу на мяч и слегка катал его, сгибая ногу в колене. Игорь поведал мне, что именно в этот момент его посетило озарение: он вдруг понял, как решить задачу.

Дело в том, что система амортизации шасси представляла собой как бы две последовательно включенные пружины, «мягкую» (пневматик) и «жесткую» (стойка). Частота собственных колебаний системы определялась в основном пневматиком,

обладавшим сравнительно малым коэффициентом демпфирования колебаний, в то время как пневмогидравлическая амортизационная стойка, напротив, обладала очень большим коэффициентом демпфирования.

Решение заключалось в том, чтобы поменять эти элементы в динамическом смысле ролями: отказаться от традиционно применявшихся широких пневматиков, заменив их узкими, повышенной жесткости, а в амортизационных стойках снизить давление воздуха, сделав тем самым эквивалентные пружины «мягкими». При этом, правда, ухудшалась проходимость, но для Як-24 это было несущественно.

Эти конструктивные изменения были быстро реализованы. В результате частота собственных колебаний системы стала определяться не пневматиком, а стойкой, то есть динамическим звеном с высокой диссипацией энергии колебаний. Это привело к резкому снижению высоты резонансного пика, и земной резонанс Як-24 практически исчез.

Над созданием своего оригинального вертолета И. А. работал без отпуска в течение восьми лет. То, о чем он мне рассказал, было, в конце концов, только маленьким эпизодом в этой долгой истории. А сколько таких эпизодов было на протяжении этих восьми лет!

Вертолет Як-24 прошел все испытания, был построен малой серией и использован, в частности, для монтажа металлических ферм при замене поврежденного во время войны перекрытия Екатерининского дворца. Монтаж новых металлических конструкций был выполнен в очень сжатые сроки, причем при этом удалось сохранить окружающие дворец вековые деревья. Это фактически был первый опыт применения в нашей стране вертолета в качестве «летающего крана».

Надпись на обороте фотоснимка Як-24 («*Моему стародавнему другу — самую удивительную работу, сделанную нами, посвящаю*», 25 мая 1959 года), который подарил мне И. А., дает представление о том, как он относился к своему детищу.

К сожалению, его действительно удивительная работа не была в должной мере оценена, и дальше малой серии дело не пошло. Позднее эта несправедливость была в какой-то степени компенсирована Государственной и Ленинской премиями, которые он получил, уже работая в КБ Н. А. Камова (последнюю — за уникальный корабельный вертолетный противолодочный комплекс на базе двухвинтового вертолета Ка-27, с соосным расположением винтов). Этот комплекс и сейчас состоит на вооружении ВМФ России.

Надо сказать, что для авиаторов ВМФ и вообще для плавсостава военно-морского флота имя И. А. Эрлиха значило очень

много, и вышедшие «из-под его пера» конструкции оценивались флотскими представителями самого различного ранга более чем высоко. Позволю себе в связи с этим небольшое отступление.

И. А. часто встречался со многими военными моряками, и я иногда слышал в его пересказе различные морские истории, участниками которых были его знакомые из этой среды. Некоторые истории были похлеще, чем у Станюковича или Соболева (известные авторы произведений на морские темы. — А. Б.). Вот одна из них, которая произвела на меня большое впечатление. Поведал ее И. А. молодой капитан-лейтенант, причем, только уступая настойчивым расспросам, касавшимся какого-то иностранного морского ордена, который И. А. увидел на груди у этого моряка.

История, которую услышал от него И. А., относилась к тому периоду Великой Отечественной войны, когда в Мурманск шли один за другим многочисленные конвои союзников с военными грузами, поставлявшимися в СССР по ленд-лизу. Наши военные корабли встречали союзников в открытом океане, но все равно конвои несли тяжелейшие потери от немецких подлодок, хозяйничавших во всей акватории.

Герой рассказа был в то время капитаном торпедного катера и встречал в этом качестве в составе отряда наших кораблей очередной конвой. В какой-то момент он заметил след от торпеды, выпущенной немецкой подводной лодкой, который шел прямо к английскому крейсеру, на котором держал флаг адмирал, командовавший конвоем.

Торпеда, по-видимому, была не вполне исправна, так как шла на значительно меньшей глубине, чем полагалось. Капитан катера развернул свой корабль и устремился наперерез торпедой. Его мгновенная реакция и то, что торпеда шла вблизи поверхности, позволили перехватить ее, подставив борт катера. Раздался страшный взрыв, который сделал бы в борту английского крейсера огромную пробоину, а катер разнес в клочья.

Часть экипажа при этом погибла, часть, среди которой оказался капитан и рулевой, была выловлена в полуобморочном состоянии из ледяной воды английскими моряками и поднята на борт того самого крейсера. Их отогрели, переодели и вернули к жизни с помощью универсального жидкого международного средства.

Адмирал, командовавший конвоем, узнав, что среди спасенных советских моряков есть капитан катера, отдавший команду, позволившую перехватить торпеду, предназначенную его кораблю, и рулевой, ее выполнивший, приказал, чтобы ему их представили, что и было выполнено после того, как нашим морякам предоставили возможность переодеться в их высушенную и выглаженную униформу.

Последовавшая за этим сцена дает хорошее представление об английском адмирале, как носителе (по определению) британских морских традиций: он снял со своего мундира орден и торжественно приколот его на грудь капитану, а рулевому... пожаловал десять фунтов стерлингов. Человеком для него был только офицер, а матрос — просто одной из разновидностей судовых механизмов.

Не знаю, как бы поступил при подобных обстоятельствах знаменитый английский мореплаватель и пират, Фрэнсис Дрейк, однако не менее знаменитый адмирал Нельсон, безусловно, был выше упомянутых традиций. Об этом свидетельствуют его слова, переданные сигнальщиком адмиральского корабля на все корабли эскадры перед началом Трафальгарской битвы, от исхода которой зависела судьба Англии.

Этот сигнал был адресован *не капитанам, а всем экипажам* этих кораблей, и расшифровывался, если память мне не изменяет, так: *«Англия смотрит на вас с надеждой, и пусть каждый исполнит свой долг!»*

Адмирал Нельсон разделил судьбу многих своих матросов и офицеров: победа, давшаяся дорогой ценой, стоила ему жизни, но навсегда вписала его имя в историю морских сражений.

Что касается нашего капитана катера, то он еще раз доказал, что скроен из добротного материала: приятно удивив адмирала (не похожего на Нельсона) своим знанием английского языка (до войны языку хорошо учили в военно-морских училищах), он поблагодарил за оказанную честь, подчеркнув, что рассматривает врученный ему орден не как личную награду, а как знак уважения союзника к советскому военно-морскому флоту, который он здесь, волею судеб, представляет. Такая вот история...

Самое примечательное в ней, однако, то, что мудрое командование сумело упрятать некоторые ее тонкие моменты от бдительного ока компетентных специалистов, не входивших в плавсостав флота, но представлявших на флоте очень серьезную сухопутную организацию.

По-видимому, эта история затерялась в обычной сводке боевых потерь. В противном случае ее герою, вероятно, светила бы судьба кавторанга из известного романа Александра Солженицына.

К счастью, времена изменились: в одном солидном современном морском учреждении в кабинете важного должностного лица на месте, на котором по определению должен был висеть портрет Дзержинского, украшает стену портрет — ни за что не догадаетесь, чей — английского флибустьера Фрэнсиса Дрейка!

— *Б. И., Вы уже второй раз упоминаете имя Фрэнсиса Дрейка. Чем же он так прославился?*

— Фрэнсис Дрейк был смелым и удачливым морским волком. Главным его занятием была охота за испанскими галеонами, которые везли в Испанию золото из Южной Америки; побочным — дерзкие нападения на города и опорные пункты, которые испанцы построили на ее берегу.

Но больше всего он прославился своим участием в морских сражениях, положивших начало разгрому испанской Великой Армады, представлявшей смертельную угрозу для Англии.

Бороздя Мировой океан, он попутно сделал ряд географических открытий. Описание их увело бы слишком далеко от основной темы нашей беседы. Ограничусь поэтому только упоминанием открытого им пролива между Южной Америкой и Антарктидой, вошедшего в историю как «пролив Дрейка».

Расскажу о мало известном эпизоде, имеющем определенное отношение к его основной (пиратской) деятельности.

Дрейк регулярно делился с британской казной частью награбленных им драгоценностей. Поэтому властвовавшая в то время могущественная королева Елизавета весьма сочувственно относилась к его «шалостям», пополнявшим казну и доставлявшим массу хлопот ненавистному испанскому королю Филиппу II.

В один прекрасный момент королева Елизавета решила отметить выдающиеся заслуги Фрэнсиса Дрейка перед английской короной, пожаловав ему рыцарское звание (урок, хорошо усвоенный теми из современных олигархов, которые не забывают «делиться»).

В целях выполнения соответствующего ритуала королева прибыла в сопровождении свиты на корабль своего верного подданного. Будучи заранее предупрежден об ее визите, Дрейк, со своей стороны, разработал специальный протокол встречи высочайшей особы.

Когда королева вступила на палубу корабля, вся его пиратская команда застыла неподвижно, прикрыв правой рукой глаза, *«Чтобы не ослепнуть от блеска неземной красоты Вашего Величества»*, как скромно пояснил Фрэнсис Дрейк. Елизавета была уже «в летах», и, судя по ее портретам, особой красотой не блистала, *но была женщиной, наделенной всеми качествами, присущими прекрасному полу* (такие незначительные эпизоды, как казнь по ее приказу Марии Стюарт, естественно, — не в счет).

Поэтому сцена, сыгранная Дрейком, была воспринята благосклонно. Прикоснувшись обнаженной шпагой к плечу коленапоклоненного «королевского пирата», произведя его, тем самым, в рыцари, королева повелела узаконить на флоте придуманный им жест в качестве официального приветствия, что и было исполнено.

Со временем этот жест превратился в «отдание чести» путем приложения правой руки к головному убору и был введен в различных вариантах не только на военных флотах, но и в армиях всего мира.

Надеюсь, что, поведав эту поучительную историю, я в какой-то мере удовлетворил Ваше любопытство.

Однако вернусь к моему другу. Большой вклад И. А. внес в расследование последствий Чернобыльской катастрофы, налетав много часов в качестве наблюдателя и оператора с летчиком-испытателем своей фирмы, Заслуженным летчиком-испытателем СССР, Николаем Николаевичем Мельником, прямо над разрушенным реактором (Ка-32 — это гражданский вариант вертолета Ка-27, входящего в корабельный противолодочный комплекс).

Именно во время одного из таких полетов им удалось с высоты меньше 200 м в условиях мощного радиационного фона ввести через трубу в самое сердце реактора температурный датчик (причем на всю операцию отводилось 15 минут — максимальное время, в течение которого медики разрешили летчикам находиться в воздухе над аварийным блоком). Подробности этой героической эпопеи И. А. описал в статье, опубликованной в журнале «Наука и жизнь» № 3, 1997.

К сожалению, последствия этих полетов оказались для его участников трагическими: Н. Н. Мельник, удостоенный звания Героя Советского Союза, скончался от лучевой болезни, несмотря на операцию по пересадке костного мозга, сделанной ему в Соединенных Штатах. Мой друг Игорь Эрлих получил дозу радиации порядка 70 рентген, что, по-видимому, также явилось одной из косвенных причин его безвременной кончины.

Все описанное происходило спустя много лет после нашего знакомства. Состоялось же оно в 1941 году в Алма-Ате. Туда был эвакуирован Московский авиационный институт, где я начинал учиться, а Игорь Эрлих был уже на втором курсе. Жили мы тогда в одном общежитии и спали на соседних койках. За стеной, в другой комнате, среди прочих студентов проживал второкурсник Миша Вольф, которого мы знали просто как сына известного немецкого писателя-антифашиста Фридриха Вольфа, не подозревая, что это будущий суперразведчик и начальник разведки ГДР Маркус Вольф.

Поскольку все в этом мире взаимосвязано и взаимообусловлено, отец Игоря Александр Артурович Эрлих был начальником одной из кафедр в той же Военно-инженерной академии им. Куйбышева, в которой был много лет начальником кафедры строительной механики мой отец Исаак Моисеевич. С Марком Галлаем, речь о котором еще впереди, познакомил меня много

лет спустя И. А. Еще через несколько лет случайно выяснилось, что Мария Ароновна Хазан — разработчик систем управления ряда объектов, о которой я говорил раньше в связи с НИИАП, была одноклассницей Игоря.

Я мог бы еще долго рассказывать об И. А., но предоставлю лучше слово его другу Марку Галлаю (цитирую по книге Галлай М. Л. Испытано в небе. М.: Молодая гвардия, 1963):

— ...Так или иначе, испытать еще «полвертолета» (речь идет о первом вертолете фирмы А. С. Яковлева, появившемся задолго до ЯК-24) мне пришлось. И я не жалею об этом хотя бы потому, что совместная работа по этим испытаниям послужила поводом для нашего первого знакомства с ведущим конструктором этого вертолета Игорем Александровичем Эрлихом, знакомства, которое со временем перешло в прочную и близкую дружбу. Я не встречал до этого другого конструктора, который с таким глубоким, не показным вниманием и пониманием воспринимал каждую мысль, наблюдение, даже мелкое частное замечание любого из своих сотрудников, не говоря уже о ведущем летчике...

Талант большого конструктора многокомпонентен. Собственная высокая творческая потенция, конечно, входит в число этих компонентов, но на ней одной далеко не уедешь. Не в меньшей мере нужен и, если можно так выразиться, «талант восприимчивости» всего прогрессивного, перспективного или хотя бы таящего в себе пресловутое «рациональное зерно», что носится вокруг... В Эрлихе я увидел сочетание обеих этих черт настоящего конструктора: и собственную творческую потенцию, и остро развитое чутье ко всему прогрессивному. Можно было бы еще многое рассказать об этом человеке. Но я не буду делать этого, повторяю: мы — друзья! А здесь тот самый случай, когда дружба «мешает».

Приведенные слова Марка Галлая дают достаточно ясное представление об Эрлихе. А теперь, в качестве последнего штриха к его портрету, вернусь к первой части Вашего вопроса.

И. А. задумывался среди прочих проблем и над проблемой управляемой посадки пилотируемого космического корабля, возвращающегося с околоземной орбиты. Он мне рассказывал, что мысленно представлял себе такую картину: корабль приземляется на Красной площади или на лужайке перед Белым домом, из него выходит космонавт и преподносит букет цветов генсеку, президенту или «первой леди».

Поскольку И. А. был не абстрактным мыслителем, а конструктором-практиком, он начал эскизные проработки проекта такой системы и нашел в конце концов оригинальное техническое решение проблемы. Оно заключалось в остроумной комбинации обычного управляемого спуска спасаемого аппарата в

верхних слоях атмосферы, участка торможения в плотных слоях атмосферы с помощью раскрывшегося винта, работающего в режиме авторотации, и, наконец, управляемого полета по вертолетной схеме.

На начальном участке при входе в атмосферу лопасти винта должны были защищаться в сложенном виде термостойким экраном. При этом получалось нечто похожее на щупальцы кальмара, которые складываются их владельцем так, что они оказываются антипараллельными скорости его движения. Затем экран сбрасывался, лопасти постепенно расходились в стороны и начинали вращаться, образуя сначала воздушный тормоз, а затем — несущий винт. Вся система проектировалась под кабину с конкретными параметрами спасаемой капсулы кораблей «Союз» разработки ОКБ-1.

Выполненный И. А. собственными силами, без привлечения кого-либо, инициативный аванпроект был подкреплен серьезными теоретическими расчетами и предварительными продувками, осуществленными в ЦАГИ. Все это стало известно С. П. Королеву, который, с его остро развитым чувством нового, сразу оценил перспективность этого совершенно оригинального направления и пригласил И. А. на переговоры, чтобы подробнее познакомиться с деталями проекта и с его автором.

В кабинете С. П.

— *Здесь мы, наконец, подходим к эпизоду, о котором Вы меня спрашивали. Опишу его со слов И. А., который изложил мне все подробности по горячим следам, после встречи с Сергеем Павловичем.*

С. П. принял И. А. с подчеркнутой уважительностью, начав с указания секретарше «ни с кем не соединять». Сказал, что заинтересовался предложением И. А., поскольку давно понял, что нельзя до бесконечности совершать посадку «на тряпках» (так он выразился) и искать потом кабину в чистом поле. Задал ряд интересных технических вопросов, связанных с существом предлагаемого И. А. проектного решения и уровнем его проработки. При этом он продемонстрировал, что довольно хорошо информирован о послужном списке и личности собеседника и том месте, которое тот занимает в Минавиапроме.

Беседа длилась, если мне память не изменяет, пару часов. Подводя ее итоги, С. П. сформулировал свое предложение И. А., которое, по-видимому, подготовил заранее: перейти к нему в качестве заместителя вместе со своим аванпроектом и каким-то количеством наиболее ценных сотрудников. И. А., предвидя такой поворот событий, без колебаний ответил согласием. Дальше разыгралась сцена, которую И. А. описал мне в лицах. С. П. сказал,

что тут же позвонит П. В. Дементьеву (министру авиационной промышленности) и набрал по памяти по вертушке номер телефона.

На другом конце ответили, что министр отсутствует. С. П. тут же среагировал: *«Хорошо, тогда позвоним его заместителю имярек»* — и на этот раз стал искать телефонный номер в записной книжке. При этом он бормотал, что-то вроде: *«Тоже хороший человек, кстати, в одной камере сидели»*. После того как абонент снял трубку, последовало несколько дежурных фраз и вопрос примерно в такой форме: *«Здесь, передо мной сидит один из Ваших главных конструкторов, И. А. Эрлих, у которого имеются интересные технические предложения. Скажи, пожалуйста, что ты о нем думаешь?»*

Получив ответ, С. П. показал И. А. большой палец. Затем, продолжая слушать, он прижал плечом трубку к уху и показал большие пальцы на обеих руках, после чего, повернув трубку верхней частью в сторону И. А., сказал: *«Послушайте Игорь Александрович, что о Вас говорит Ваше начальство — не так часто это удается»*. Понятно, что слова на другом конце провода были очень лестными для И. А.

«Будем прорабатывать этот вопрос, о результатах я Вас извещу» — этой фразой СП закончил аудиенцию. Но в конце ее, когда И. А. уже шел к двери, произошел еще один маленький эпизод, о котором мне поведал И. А.

Недалеко от выхода на тумбочке стоял стандартный графин с водой, на который гость, по причинам, которые я изложу позже, обратил внимание. С. П. перехватил его взгляд и спросил: *«Что, не вписывается в интерьер? Я, знаете ли, держу это для памяти»*. С. П., конечно, не подозревал, что еще раньше, не зная об их будущей встрече, я рассказал И. А. эпизод, за достоверность которого не могу поручиться, хотя он был поведан мне человеком, называвшим себя очевидцем.

Речь шла о каком-то техническом совещании, в ходе которого один из ведущих баллистиков ОКБ-1 С. С. Лавров высказал что-то, не понравившееся С. П. Последний выдержал паузу и задал Святославу Сергеевичу вопрос, который поначалу звучал риторически: *«Послушай, Свет, тебя когда-нибудь били графином по голове?»* Выслушав отрицательный ответ, он продолжил свою мысль, которую облек в такую форму: *«А вот меня били — следовательно помогал мне таким способом кое-что вспомнить. Так что ты посиди и помолчи, пока не наберешься опыта»* (констатирующую часть цитирую точно, в постановляющей могу допустить неточности).

Бросив взгляд на графин при выходе из кабинета С. П., Игорь Александрович, конечно, вспомнил эту историю или ле-

генду — назовите, как хотите. Но замечание С. П. говорит скорее в пользу первого варианта.

Кто знает, если бы не безвременная кончина С. П., может быть развитие техники управляемой посадки КА на Землю пошло бы по совсем другому пути...

«Квадраты»

— В эпизоде, о котором Вы только что поведали со слов Игоря Александровича, С. П. Королев имел в виду печальный период своей жизни, начавшийся после его ареста летом 1938 года (на основе совершенно абсурдных обвинений). Как известно, в те годы узниками ГУЛАГа стали многие выдающиеся авиационные конструкторы, А. Н. Туполев, В. М. Мясищев, Орос ди Бартини, А. М. Черемухин, а такие знаменитые в будущем ракетчики, С. П. Королев, В. П. Глушко, Д. Д. Севрук и многие другие. Считаете ли Вы, что эти люди просто попали под жернова жестокой тоталитарной системы, породившей ГУЛАГ, как и многие миллионы других наших соотечественников, или в этом существует какая-то печальная закономерность?

— Прежде всего, позволю себе небольшой исторический экскурс. Государственные системы, порождающие события, которые мы обсуждаем, рождаются на крутых поворотах истории. Возьмем, для примера, Великую французскую революцию с ее якобинской диктатурой. Аналоги «троек», систему ускоренного судопроизводства, при которой между предъявлением обвинения, осуждением обвиняемого и его казнью проходило всего нескольких дней, и другие «прогрессивные» новации связывают с одной из ярких фигур этой революции, Максимилианом Робеспьером.

Даже честь изобретения термина «враг народа» (в противовес названию газеты, которую выпускал другой герой французской революции, Марат, «Друг народа») принадлежит не кому-либо, а тому же Робеспьеру. Судьбе было угодно, чтобы оба эти деятеля разделили участь жертв изобретенной ими системы: Робеспьер был гильотинирован, Марат был заколот кинжалом фанатичной роялисткой Шарлоттой Кордэ.

Замечу, что один из основоположников теории анархизма, князь Кропоткин, в своей книге, посвященной истории Великой французской революции, относясь с большим пиететом к самой революции, отнюдь не одобрял ее «революционную практику».

Можно сослаться и на другие примеры, показывающие, что всем тоталитарным системам присущи более или менее одинаковые закономерности. Тоталитарная система, к которой непосредственно относится Ваш вопрос, не являлась в этом смысле исключением.

Одна из закономерностей таких систем заключается в том, что, кроме «стрельбы по площадям», уничтожающей огромное число ни в чем не повинных людей, ведется и, так сказать, «прицельная стрельба». Последняя оказывается более эффективной в смысле уничтожения генофонда нации. Наиболее поучительна в этом смысле истории Испании, которая усилиями инквизиции была за несколько веков превращена из великой державы в ординарное европейское государство.

А германский фашизм, практически уничтоживший за каких-нибудь тринадцать лет почти всю научную элиту Германии!

Существуют и более близкие нам примеры. Так, некоторые сведения о количестве командиров Красной Армии, ставших жертвами репрессий, были опубликованы в статье генерала А.И. Тодорского, который сам был в течение многих лет узником ГУЛАГа, в одном из военных журналов. Приведа конкретные, документированные, числа по каждой из категорий погибших, начиная от младших офицеров и кончая маршалами, Тодорский написал хорошо запомнившуюся мне фразу, которая звучит так: *«Ни одна армия, проигравшая войну, за всю историю тысячелетий, не понесла таких потерь командного состава, как Красная Армия еще до начала Великой Отечественной войны»*. Комментарии, по-видимому, излишни.

Любая тоталитарная система желает видеть даже среди самых нужных и полезных для нее сограждан только рабов, безропотно выполняющих все ее капризы. Она может до поры до времени мириться с проявлениями индивидуальности, присутствующими любой творческой личности, но ничего не забывает и не прощает. Рано или поздно она беспощадно обрушивается на эту личность, вышедшую за пределы установленных системой жестких рамок. Вот строки на эту тему из стихотворения одного из поэтов моего поколения Владимира Лифшица «Квадраты»:

*«А если упорствовать станешь ты:
— Не дамся!.. Прежнему не бывать!.. —
Неслышно явятся из темноты
Люди, умеющие убивать.»*

*Ты будешь, как хину, глотать тоску,
И на квадраты, словно во сне,
Будет расчерчен синий лоскут
Черной решеткой в твоём окне...»*

Что касается Игоря Александровича, то он только благодаря чуду не пополнил собой список жертв этой страшной машины, причем роль чуда сыграл Александр Сергеевич Яковлев.

Услышал об этой истории я из уст самого Игоря, спустя много лет после его разрыва с А. С. Рассказывая об обстоятельствах этого разрыва, мягко говоря, не украшавших А. С., Игорь сказал, что не может держать зла на человека, спасшего ему жизнь, даже если тот в дальнейшем проявил себя по отношению к нему далеко не лучшим образом.

В ответ на мой недоуменный вопрос Игорь поведал мне следующее. Будучи уже, несмотря на свою молодость, ведущим конструктором того самого первого Яковлевского вертолета, заводские летные испытания которого начинал Марк Галлай, он руководил очередным этапом летных испытаний, проходивших в ГК НИИ ВВС, в Монино.

После одного из полетов военный летчик-испытатель доложил, что датчик температуры показал ненормальный нагрев какого-то элемента несущего (или бокового) винта. И. А. быстро обнаружил причину, кажется, — плохо запрессованную резиновую втулку, и, устранив дефект с помощью перочинного ножа, сказал летчику: «*лети*», считая проблему исчерпанной.

Однако оказалось, что в этом он глубоко заблуждался. Заместитель начальника НИИ по эксплуатации — не буду называть его фамилию — давно имевший в ВВС крайне дурную репутацию, возвел этот пустяковый эпизод на уровень государственного преступления, написав на И. А. донос, в котором обвинил его в умышленном вредительстве, и направил этот донос в соответствующие инстанции.

Об этом сразу же узнал через своих личных информаторов Яковлев. И тут наступил «момент истины»: А. С. немедленно позвонил Игорю прямо на аэродром и, не вдаваясь в подробности, приказал, ***не заходя домой***, уехать в Ленинград, где его уже будет ждать приказ А. С. о назначении Главным конструктором Ленинградского филиала его фирмы — А. С. прекрасно знал, каким способом в соответствующем компетентном учреждении добиваются «признательных» показаний, и понимал, что если И. А. попадет в его лапы, то при характере И. А. живым оттуда он уже не выйдет.

Игорь точно выполнил полученный приказ, что спасло ему жизнь. По причинам, известным А. С., в этом новом качестве И. А. оказался упомянутому учреждению уже не по зубам — не то было время — так что дело о «вредительстве» было прикрыто. Много лет спустя, когда Игоря давно не было в живых, я узнал, что за ним пришли домой вечером того самого дня, в который он уехал в Ленинград — Яковлев не зря подчеркнул: ***не заходя домой***.

В своем вопросе, касавшемся конструкторов, ставших жертвами сталинских репрессий, Вы упомянули двух советских авиаконструкторов, к сожалению, менее известных широкой

публике, чем А. Н. Туполев, А. С. Яковлев и другие. Я имею в виду Ороса ди Бартини и А. М. Черемухина. О Бартини (В СССР его звали Роберт Людвигович) я надеюсь сказать несколько слов чуть позже, а сейчас, в продолжение темы о вертолетах, — очень краткая информация об А. М. Черемухине — конструкторе, летчике, ученом, работавшем в области вертолетостроения:



Памятный знак, установленный в честь рекордного полета создателя и пилота первого советского вертолета (вертолета)

Хотите пример из области деятельности другой тоталитарной системы, касающийся выдающегося германского ракетчика Вернера фон Брауна? — Пожалуйста. Излагаю соответствующую историю по книге *Dr. Walter Dornberger. V-2 – Der Shuss ins Weltall*. Bectle Verlag, Esslingen. 1952.

Генерал Вальтер Дорнбергер — начальник полигона в Пенемюнде, где были сосредоточены все основные работы, связанные с созданием ракеты А-4 (V-2). **Относится описываемая история к марту 1944 года, когда испытания А-4 уже шли полным ходом, и начинается со следующего доклада адъютанта Дорнбергера своему шефу: «Сегодня утром в восемь часов были арестованы гестапо по обвинению в саботаже проекта А-4 профессор фон Браун и дипломированные инженеры Ридель и Грёттруп!»**

Дальше подробно описываются героические усилия, которые предпринял Дорнбергер, чтобы вырвать из когтей этого

«достойного» учреждения своих ближайших сотрудников, занимавших ключевые посты в упомянутом проекте, причем в этом повествовании фигурируют, кроме Кейтеля, такие персоны, как Гиммлер, Кальтенбруннер и Мюллер, знакомые нашим телезрителям по их ярким образам, созданным в известном сериале «Семнадцать мгновений весны».

Непосредственный начальник Дорнбергера фельдмаршал Кейтель, к которому он бросился в первую очередь, прямо заявил, что *«умывает руки»*, так как обвинение очень серьезное и дело взято под личный контроль Гиммлером. Так или иначе, Дорнбергер все же узнал от Кейтеля, в чем конкретно заключалось это обвинение. Вот дословный перевод соответствующего текста: *«Саботаж усматривается в том, — объяснил Кейтель, — что эти господа следовали своим тайным замыслам, связанным с космическими полетами, и, как следствие, использовали не все свои силы и энергию для создания А-4 как боевого оружия»*. Вот так-то! Узнаете знакомые мелодии?

Опущу дальнейшие подробности, в которых фигурирует «милая тройца», упомянутая выше (Гиммлер, Кальтенбруннер, Мюллер). В конце концов, действуя через последнего в этом списке, Мюллера, Дорнбергер сумел-таки добиться освобождения сначала фон Брауна, а через несколько месяцев — остальных двух его «подельников». Какие из многочисленных аргументов, которые он при этом использовал (Дорнбергер их приводит), оказались решающими, остается только гадать, но своих сотрудников ему все же удалось спасти, а тем самым, как он утверждает, — и проект А-4.

Как сложилась в дальнейшем судьба Гиммлера, Кальтенбруннера и Мюллера не в кино, а в жизни, хорошо известно, а вот послевоенная история Вернера фон Брауна и инженера Грёттрупа заслуживает того, чтобы о ней рассказать (сведениями о судьбе Риделя я не располагаю — кажется, он погиб во время одного из налетов английской авиации на Пенемюнде).

В конце Второй мировой войны в США было организовано специальное секретное подразделение, которое действовало на территории Германии. Это подразделение двигалось вместе с передовыми частями наступающей американской армии, имея задачу захватить немецких специалистов, участвовавших в атомном проекте и в работах, связанных с ракетной техникой. Командовал им бывший начальник службы безопасности Манхэттенского (атомного) проекта (по-нашему — заместитель по режиму), сын митрополита русской православной церкви в США, Борис Паш.

В отличие от малоэффективной (как выяснилось значительно позже, в ходе реализации советского атомного проекта)

деятельности на своем посту в Лос-Аламосе, с новой задачей он справился успешно. Помимо знаменитых ученых-физиков — участников немецкого атомного проекта — Гейзенберга, Вайцзеккера, Гана и других, он увел из-под носа наступающих Советских войск несколько сот американских ракетчиков, включая Вернера фон Брауна. Будучи вывезен вместе со своими помощниками и сотней собранных ракет А-4 в США, последний способствовал становлению американской ракетно-космической индустрии.

Успех американского проекта высадки человека на Луну обязан в значительной степени именно фон Брауну, под руководством которого была создана ракета-носитель «Сатурн-5» — ключевой элемент этой программы.

Что касается Грёттрупа, то он, вместе с несколькими сотнями немецких ракетчиков, оказавшихся вне поля деятельности Паша, был вывезен в Советский Союз, где и работал по своей специальности несколько лет. Все подробности этой истории описаны в книге Бориса Евсеевича Чертока.

Не могу не отметить в связи с этим, что у истоков американской авиационной индустрии фактически стоял также не «чистый американец», а наш соотечественник, переехавший в США, знаменитый авиаконструктор Игорь Сикорский, построивший в России в 1914 году первый в мире четырехмоторный тяжелый самолет «Илья Муромец», поднявший в воздух рекордное по тому времени число (16) человек.

Напомню, что недавно совершивший первый коммерческий рейс аэробус А-380 рассчитан на перевозку при максимальной загрузке 800 пассажиров. Этот лайнер построен, как и ряд его предшественников, начиная с пассажирского лайнера Боинг-747, по так называемой «широкофюзеляжной» схеме. Замечу, что эту схему предложил за много лет до появления Боинга-747 известный советский авиаконструктор Орос ди Бартини. Этот незаурядный человек заслуживает отдельного рассказа, выходящего за рамки нашей беседы. Сложные перипетии его судьбы описаны в книге *Чутко И.* Мост через время. М.: Политиздат, 1989. Ограничусь поэтому только несколькими словами.

Барон Орос ди Бартини ведет свое происхождение от старинного итальянского аристократического рода, что не помешало ему примкнуть к левому движению и вступить в итальянскую коммунистическую партию. Бартини проявил себя на родине как талантливый авиаконструктор и был в этом качестве направлен в тридцатые годы прошлого века специальным решением политбюро ЦК итальянской компартии в СССР, чтобы помочь Стране Советов создать лучшую в мире авиацию.

Он успешно проработал в СССР несколько лет, проявив себя блестящим авиаконструктором, а затем был арестован одновременно с А. Н. Туполевым и другими известными авиаконструкторами и чудом не пополнил список погибших в недрах Гулага. Спас его от смерти перевод в «шарашку», где он провел много лет, спроектировав в ее гостеприимных стенах несколько уникальных самолетов. Один из них, бомбардировщик, получивший название Ер-2 по фамилии ученика Бартини Ермолаева, участвовал в боевых операциях на фронтах Великой Отечественной Войны.

К счастью, судьба подарила ему после освобождения и полной реабилитации еще несколько лет жизни, чтобы поработать на благо своей новой родины, оказавшейся к нему столь «гостеприимной».

Бартини смело можно назвать гениальным конструктором. Ему принадлежит целый ряд оригинальных решений, намного опередивших свое время, связанных с созданием новых летательных аппаратов (экраноплан, мощный десантно-транспортный самолет, стратегический бомбардировщик с крылатой ракетой, запускаемой вне зоны действия ПВО, и др.).

Хотя многие его замыслы оказались по причинам от него не зависящим, незавершенными, некоторые замечательные конструкции были воплощены в жизнь, когда пришло их время, а их автора, увы, уже не было в живых. Достаточно назвать хотя бы «крыло Бартини», примененное на первом в мире гражданском сверхзвуковом самолете Ту-144 и на «Буране».

Вернусь к факту освобождения людей, честно, более того, с энтузиазмом, служивших своему государству, попавших в лапы гестапо (что это было за государство — это другой вопрос) или эквивалентного компетентного учреждения. Были ли у нас прецеденты такого рода (я имею в виду освобождение человека, на котором уже стояло клеймо «врага народа»)?

Мне известен только один случай (генералы Рокоссовский, Горбатов и другие не в счет — они сначала успели получить длительные сроки): освобождение после года пребывания в тюрьме знаменитого физика Льва Ландау, за которого вступился академик П. Л. Капица, написавший письмо Сталину, к счастью, возымевшее действие. Сколько подобных писем успеха не имели и оставались без последствий?!

Это относится как к выдающимся представителям инженерной мысли, которых Вы упомянули в своем вопросе, так и к огромному количеству ни в чем не повинных людей самых различных профессий, общественного положения и талантов, как гражданских, так и военных. Соответствующий мартиролог пополняется все новыми именами и ему не видно конца...

Нельзя не отметить, что в ряде наиболее известных трагических историй немалую помощь неправедным судьям оказывала так называемая «научная общественность». За примерами недалеко ходить. Вспомним разделенные тысячелетиями, столетиями и десятилетиями истории Сократа (жившего, между прочим, в просвещенных Афинах времен Перикла — колыбели демократии!), Джордано Бруно — Галилео Галилея, Николая Вавилова — Андрея Сахарова.

Конечно, если принять за начало отсчета историю Иешуа Га-Ноцри, Иуды из Кариафа и прокуратора Иудеи Понтия Пилата (см. «Мастер и Маргарита» М. Булгакова), а за конец — историю «дело врачей» в стране, про которую пелось «где так вольно дышит человек», то в течение этого длинного отрезка времени человечество, кроме абстрактных «научной общественности» и «возмущенного народа», имело в своих рядах немало вполне конкретных иуд и понтиев пилатов.

О двух таких персонажах, а именно, о тех, которые писали в свое время доносы на будущего Главного конструктора Валентина Петровича Глушко, речь о котором у нас уже шла, послужившие причиной его ареста, мне довелось услышать из его собственных уст. Произошло это при следующих обстоятельствах.

Я присутствовал в концертном зале Дома Союзов на торжественном собрании, посвященном памяти фактических изобретателей легендарных «катюш», прославившихся в Великую Отечественную войну, Г. Э. Лангемака, И. Т. Клейменова и других коллег В. П. Глушко по Реактивному научно-исследовательскому институту (РНИИ), ставших жертвами сталинских репрессий.

Основной доклад делал академик Глушко. После подробно рассказа об их деятельности В. П. неожиданно коснулся темы, которой он обычно избегал. Он рассказал, что после реабилитации получил возможность познакомиться со своим делом, в котором обнаружил среди прочих бумаг два доноса на него, написанные его коллегами. Одного из них, которого уже не было в живых, В. П. назвал. Когда я услышал его фамилию — озвучивать ее я, конечно, не буду, меня как громом поразило.

Фамилию второго человека В. П. называть не стал, но сообщил, что тот живет и здравствует и какое-то время тому назад, не зная, естественно, что В. П. известно, какую роль сыграл он в судьбе В. П., обратился с просьбой поддержать представление о присвоении ему ученой степени доктора технических наук по совокупности трудов, без защиты диссертации. Услышав еще некоторые подробности, я догадался, о ком идет речь.

По-видимому, не я один оказался столь проникательным, потому что напряженная тишина, царившая в зале, сменилась

легким шумом и каким-то непонятым движением. И тут я понял, что этот человек присутствует в зале и что Глушко, похоже, об этом знает.

То, что кто-то встал и пошел к выходу, подтверждало мою догадку. Что касается докладчика, то он никак на это не отреагировал и спокойно продолжал свое повествование — Глушко не был эмоциональным человеком, что не раз демонстрировал в значительно более сложных ситуациях.

Судьба его была во многом схожа с судьбой Королева, и их ссора пагубно сказалась на отечественной программе пилотируемого полета к Луне, но это уже совсем другая история...

Хотел бы обратить внимание на весьма непростую проблему взаимоотношений ярких личностей, подобных Королеву и Глушко, со «средой обитания». Этой проблеме посвящено немало мудрых мыслей, содержащихся в книгах Марка Лазаревича Галлая «С человеком на борту» (М.: Советский писатель, 1985) и Бориса Викторовича Раушенбаха «Пристрастие» (М.: Аграф, 1997).

Читателей, которые пожелают глубже познакомиться с этой вечной драмой, не зависящей ни от исторической эпохи, ни от общественно-экономической формации, можно адресовать к первым «производственным романам», появившимся задолго до популярных произведений подобного жанра, принадлежащих перу Артура Хейли.

Речь идет о фантастических романах А. А. Богданова (одного из соратников Ленина, разошедшегося с ним по политическим мотивам, после 1918 года — директора Института переливания крови. — А. Б.), «Инженер Мэнни» и Келлермана «Туннель». В первом говорится о создании гигантской сети каналов на Марсе, во втором — о строительстве под дном Атлантического океана туннеля, соединяющего Европу и Америку. В обоих случаях в центре событий находится талантливый инженер — автор грандиозного проекта и, одновременно, руководитель всех работ, связанных с его воплощением в жизнь.

Назову еще один роман, посвященный той же проблеме, более близкий нам по времени: «Фонтаны рая» недавно ушедшего из жизни знаменитого фантаста Артура Кларка (автора «Космической одиссеи 2001» и серии последующих космических одиссей). Действие романа разворачивается на фоне реализации грандиозного проекта создания тросовой транспортной системы, связывающей спутник, находящийся на геостационарной орбите (на высоте 36 000 км) в плоскости экватора, с базой, расположенной на поверхности Земли.

Героем романа является, как и у Богданова и Келлермана, главный инженер проекта. Финал этой истории также печальный,

но не буду пересказывать содержание романа, чтобы не лишать удовольствия читателей, которые захотят познакомиться еще с одним из шедевров Артура Кларка.

«Вампиры»

— В упомянутой Вами книге А. А. Богданова встречается любопытная теория «вампиров» («вампир» — естественно, некая аллегория), которая явно не утратила своей актуальности. Не могли бы Вы напомнить, о чем идет речь?

— Действительно, А. А. Богданов находит место на страницах своего романа для изложения этой своеобразной теории. Суть ее сводится к тому, что некоторые выдающиеся личности, наделенные высокими творческими потенциями и сильными характерами, пройдя некоторый критический пик в своем развитии, превращаются в своего рода «вампиров».

По мысли Богданова (или одного из героев книги, устами которого говорит автор, — не помню) выдающийся в своем роде человек, став «вампиром», не только перестает давать что-то обществу, но, наоборот, начинает забирать у него все больше. Он становится преградой на пути всех идей, проектов и начинаний, не созвучных с его взглядами, и из двигателя технического (социального) прогресса превращается не просто в тормоз, а в активный инструмент регресса.

При этом негативная роль такого «вампира» тем больше, чем выше были по абсолютной величине его таланты (ведь знак их изменился теперь на противоположный). Жертвами такого персонажа становятся, конечно, и живые люди, оказавшиеся на его пути. Я уверен, что у Вас не возникнут трудности при практическом приложении этой теории.

Марк Галлай

— Борис Исаакович, я хочу напомнить Вам одну пространную цитату.

«...Как-то раз, еще во время войны, оказавшись пролетом на аэродроме, где работал Васильченко (Александр Григорьевич Васильченко — известный летчик-испытатель. — А. Б.), я обратил внимание на непривычно быстро несущийся над летным полем пикировщик «Пе-2», из хвоста которого вырывалось ревущее пламя... Новинка была очень интересная, и я незамедлительно отправился знакомиться с ней на край аэродрома, куда подрулил успевший приземлиться самолет. — Кто сделал эту штуку? — спросил я, поздоровавшись с Александром Григорьевичем и выслушав его блиц-лекцию о ЖРД-ускорителе. — А вот он, конструктор, — ответил Васильченко и показал мне на плотного, среднего роста человека, одетого в несколько стран-

ный, особенно для летнего времени, костюм: куртку и брюки из какого-то черного «подкладочного» сатина.

И в тот же миг я узнал этого человека... Передо мной сидел настоящий Главный конструктор, точно такой, каким он стал известен через полтора с лишним десятка лет, — энергичный и дальновидный, умный и нетерпимый, резкий и восприимчивый, вспыльчивый и отходчивый. Большой человек с большим, сложным, противоречивым, нестандартным характером, которого не смогли деформировать никакие внешние обстоятельства, ломающие многих других людей, как тростинки...»

Вы конечно узнали и героя — то был Сергей Павлович Королев, в цитируемом эпизоде — зек, книгу, из которой заимствована цитата — «Испытано в небе». М.: Молодая гвардия, 1963, — и автора, с которым мы оба были близко знакомы. Это — Марк Лазаревич Галлай, Герой Советского Союза, заслуженный летчик-испытатель СССР, проведший первое в мире летное испытание на флаттер еще в 1930-е годы, инструктор-методист первой шестерки советских космонавтов по пилотированию космического корабля, доктор технических наук, занимавшийся научно-исследовательской работой в области динамики полета и методики летных испытаний, автор многих популярных книг в жанре художественной документалистики. Каким сохранился Марк Лазаревич в Вашей памяти?

— Мне выпало счастье быть другом этого замечательного человека. О нем многое написано. Еще больше известно из книг, которые он написал сам, хотя в последних он все время как бы держится в тени, выдвигая на передний план своих коллег и друзей: летчиков, инженеров, техников и просто хороших людей, с которыми его сталкивала жизнь. В этих книгах живо и увлекательно описаны не только захватывающие события, связанные с испытанием новой техники, но и эти люди, часто остающиеся в официальной хронике «за кадром».

В опубликованных воспоминаниях М. Л. особое место занимают люди и события, связанные с его работой в роли инструктора молодых военных летчиков, входивших в первый отряд будущих советских космонавтов, на которую его пригласил С. П. Королев (Галлай М. Л. С человеком на борту. М.: Советский писатель, 1985).

Однако я хочу сказать о другом. Марк был благородным человеком, кристально честным, скромным и отзывчивым, верным другом, готовым всегда придти на помощь в трудную минуту, что он не раз и демонстрировал (в том числе и мне).

Как-то (в конце 1960-х — начале 1970-х — точно не помню) один из его коллег — военный летчик-испытатель, назовем

его Р. (по первой букве фамилии), после демобилизации из ВВС, не желая вести жизнь военного отставника, не придумал ничего лучшего, как стать директором крупного сервисного центра, занимавшегося обслуживанием и ремонтом легковых автомобилей. Мало того, он, быстро обнаружив, что все дело контролируется некоей мафией, решил повести с ней борьбу, как говорится, не на жизнь, а на смерть. Компетентные представители этой организации тоже поняли, после нескольких неудачных попыток подкупить Р., с кем имеют дело.

Однако они не стали вступать с ним в открытую конфронтацию, а прибегли к более изящному и эффективному методу. Каким-то образом они подложили ему в сейф крупную сумму денег с помеченными купюрами. Затем в нужный момент появились сотрудники ОБХСС, имевшие при себе *«чистосердечное признание»* человека, якобы передавшего Р. эти деньги в качестве взятки, то ли за внеочередной ремонт автомобиля, то ли еще за какую-то услугу. В результате Р. был немедленно арестован и препровожден в КПЗ — в компанию уголовников, которые должны были помочь правосудию получить от обвиняемого необходимые показания, то есть соответствующие признания.

Узнав обо всем этом, Марк, объединившись с Георгием Береговым, который тоже хорошо знал Р. в его прежнем качестве, не раздумывая, бросил на чашу весов весь свой авторитет и все связи в высоких сферах, чтобы спасти Р. С величайшим трудом, ведя отчаянную борьбу на каждом рубеже, Галлай и Береговой сумели выцарапать Р. из когтей неподкупной советской Фемиды, которая успела только лязгнуть на прощание зубами, когда ей пришлось прекратить дело «за отсутствием состава преступления».

Вспоминаю мягкий тембр голоса Марка с немного грустными, присущими ему, юмористическими интонациями. Поражала меня его высокая общая культура, которая никогда особенно не подчеркивалась, хотя проявлялась в каждой его фразе. Ему была абсолютно чужда даже тень самолюбования, которое вполне можно было бы понять. В этом смысле очень характерной является его дарственная надпись (5 октября 1963 года) на подаренной нам с супругой книге (строки из этой книги, посвященные Игорю Эрлиху, я цитировал выше):

Дорогим Наташе и Боре — с самыми лучшими пожеланиями всего самого хорошего, что только возможно в нашем самом лучшем из миров, на добрую память от автора (увы, — далеко не «самого»).

Мне кажется, что Марк вообще никогда не работал на публику. Весь его шарм получался как бы сам собой, просто и естественно. Вспоминаю, например, такую сцену. Большой зал Дома

Ученых. Идет торжественное заседание, посвященное какому-то важному авиационному событию. В президиуме, на почетном месте вблизи центра, сидит М. Л. Галлай, который с серьезным видом, почти не разжимая губ, любезничает под монотонное гудение докладчика с двумя своими соседками — очаровательными барышнями-прапорщицами, известными парашютистками. Последние, не обладая выдержкой Марка Лазаревича, мило хихикают и смотрят на него с нескрываемым восхищением. Зрительный зал их понимает — шутка сказать: их сосед — *«Сам Галлай!»*

Марк Лазаревич был наделен чувством юмора, которое проявлялось в самых неожиданных ситуациях. Вот, например, такой эпизод. Его сын, Юра, уговорил меня как-то попробовать свои силы в новом для меня спортивном жанре, входившем в ту пору в моду: освоить водные лыжи, хотя моя родная стихия, если уж говорить о жидкости, это подводный мир, а не граница раздела сред. Юра привез меня в Серебряный Бор, где арендовалось необходимое плавсредство. После краткого инструктажа, из которого я твердо усвоил главное, что надо как можно дольше держаться за перекладину, а дальше все произойдет само собой, начался первый натурный эксперимент. В немногочисленной зрительской аудитории, с интересом наблюдавшей за развитием событий с берега, доминирующую роль играл Марк Лазаревич.

Надо сказать, что зрители не были разочарованы: я довольно долго двигался в горизонтальном полупогруженном положении, причем голова находилась под водой, а ноги с лыжами на поверхности. Этот интересный спектакль закончился примерно через минуту, в течение которой я мог профессионально задерживать дыхание. Последующий «разбор полетов» был очень увлекателен. Тут и проявился в полной мере изящный юмор Галлая-старшего. Все его глубокомысленные высказывания по поводу проведенного эксперимента, произносимые с полной серьезностью, вызывали живой отклик аудитории, ничем в то же время не оскорбляя святых чувств главного действующего лица. Потом эксперимент был повторен и прошел удачно.

Конечно, Марк не был таким ангелом без крыльев. Ничто человеческое не было ему чуждо. И, кроме друзей и поклонников, у него хватало и недоброжелателей, а, вероятно, и врагов. Но это судьба любого человека, являющегося в каком-то смысле голосом истории: он всегда рискует о ком-то не упомянуть, кто считает себя достойным этого, о ком-то сказать не так, как тому хотелось бы, о ком-то или о чем-то написать неприятную правду.

Последнее касается, например, описания обстоятельств, при которых он сбил 22 июля 1941 года, во время первого налета немецкой авиации на Москву, вражеский бомбардировщик

«Дорнье-215» («Первый бой мы выиграли» — очерк из книги *Галлай М. Л. Третье измерение*. М.: Советский писатель, 1973). Некоторые высокопоставленные отставные военные, занимавшие во время Великой Отечественной войны ответственные посты в Московской зоне ПВО, обиделись на то, что автор показал в не слишком радужном свете организацию и работу системы ПВО Москвы в первые месяцы войны, и, в частности, во время этого первого налета немецкой авиации, а также уровень подготовки экипажей боевых самолетов и наземных служб.

Эти военные разразились большой статьей, в которой в качестве доминанты звучала мысль, что Галлай судит обо всем, глядя из кабины своего самолета, искажая (в силу его узкого сектора обзора и собственной близорукости) историю и недооценивая предвоенные усилия Партии и Правительства, увенчавшиеся созданием исключительно эффективной системы ПВО столицы нашей Родины.

Поскольку вся статья упомянутых военачальников была построена не на фактах (авторы в силу своего высокого положения не опускались до подобных мелочей), а на эмоциях, все, что они написали, было вскоре опровергнуто в официальных публикациях на эту тему на основе конкретных документов, а все, что написал Марк Галлай (к слову сказать, очень аккуратно и тактично), — полностью подтверждено. Естественно, все это прибавило последнему популярности в среде его поклонников, но добавило неприязни и враждебности в стане его проигравших оппонентов (их тоже можно понять — кто же любит порочащую тебя правду?).

Надо сказать, что большая популярность Марка далеко не ограничивалась авиационными кругами. Вспоминаю такой характерный эпизод. Большой банкетный зал какого-то ресторана, в котором торжественно отмечается юбилей (кажется, 70-летие) Галлая. Среди гостей — половина авиаторы, военные (в штатском) и гражданские, половина — представители пишущей братии и кинематографа. Место тамады занимает какой-то незнакомый мне громкоголосый авиационный генерал-полковник, места его ассистентов по обеим сторонам — известный кинорежиссер Эльдар Рязанов и известный писатель Григорий Бакланов.

Все дружно прославляют юбиляра (что нормально и естественно). Но вот начинает произносить тост один из друзей и почитателей Марка Лазаревича — явно бывший или действующий летчик-испытатель, в элегантном костюме, украшенном звездой Героя Советского Союза (не надевать орденские планки — это особый шик — Героя они не нужны). В подчеркнуто почтительно ироническом тоне он говорит примерно следующее:

— Наш друг, юбиляр, всегда принадлежал нашей среде и, если случалось ему быть первым, — то среди равных. Теперь он высоко вознесен над серой массой простых трудяг-пилотов, хотя и испытателей. Партия и Правительство высоко оценили его заслуги на литературном поприще и наградили «Орденом веселых ребят» («Знак Почета»). Теперь он у нас стал настоящим орденоносцем (Марк Лазаревич кроме звания Героя Советского Союза был в тот момент кавалером десяти боевых орденов), и мы все ему рукоплещем». Дальше следует такая ремарка: «Впрочем, как говаривал Марк, ордена — это дело наживное, важно заработать первый, а дальше они идут косяком, так что выпьем за очередные высокие награды Марка на его новом поприще».

В последние годы жизни Марк Галлай много ездил по разным зарубежным странам. В некоторых случаях как почетный гость — на авиационные салоны, в других — в качестве туриста. После возвращения он обычно радовал друзей остроумными путевыми зарисовками, а об авиационных салонах даже выпустил интересную и мудрую книгу «Небо, которое объединяет» (СПб.: Блиц, 1997). Увы, 14 июля 1998 года Марка Лазаревича Галлая не стало...

И еще один характерный эпизод. Относится он к апрелю 1999 года (год после кончины М. Л.). Описываемое происходило во время научной конференции, посвященной памяти М. Л., в конференц-зале музея на Поклонной горе. Среди многих экспонатов, размещенных на специальных стеллажах, был представлен стенд размером примерно с лист ватмана формата А0, выполненный с большим искусством, заключенный в красивую раму. На стенде была размещена на фоне черного бархата разная символика, связанная с профессиональной деятельностью М. Л. и его боевыми наградами, включая копию золотой звезды Героя Советского Союза, выполненную из какого-то сплава.

Этот стенд представил аудитории его автор, американский кинорежиссер, бывший пилот, известный своим фильмом о первых советских космонавтах, горячий поклонник М. Л. Поскольку его фамилию я не запомнил, буду именовать его в дальнейшем Мг. X.

Представляя свое творение, Мг. X поведал о проблемах, с которыми он неожиданно столкнулся при транспортировке стенда из Лос-Анджелеса в Москву через Нью-Йорк. На первом этапе проблем не было, зато это было с лихвой компенсировано проблемой, возникшей на втором этапе (Нью-Йорк – Москва).

Наш Аэрофлот наотрез отказался брать на борт стенд. Мотиваций было несколько, одна нелепее другой; воспроизводить их здесь я не буду. Тем не менее, вопрос все же удалось решить,

причем методом «Гордиева узла». **Mr. X сумел как-то пробиться** к командиру корабля, сметая на своем пути американское и советское начальство, преграждавшее ему путь.

Когда командир вник в суть вопроса, он сказал следующее: *«На мероприятие, связанное с Марком Галлаем? — давай эту штуку сюда!»*, после чего вежливо попросил посторониться эскорт, сопровождавший **Mr. X, взял из его рук стенд и понес** к себе в кабину. При этом он удостоил представителей своей родной авиакомпании такого взгляда, что те опустили очи долу. *«И вот, результат моих трудов перед вами»* — это уже слова **Mr. X. Комментарии, по-видимому, излишни.**

— *Все примеры событий, свидетелем или участником которых Вы были, носят серьезный, а иногда — драматический характер. Вероятно, Вам известны и веселые истории. Быть может, что-либо попадающее под эту категорию, случилось и с Вами?*

— Мне, конечно, приходилось за долгие годы сталкиваться не только с грустными, но и с веселыми историями. Случалось и мне самому бывать их участником. Некоторые сохранились в памяти. Судите сами, покажутся ли Вам эти истории веселыми, — в конце концов, многие смешные детали теряются, будучи вырваны из исторического контекста, так что не обессудьте.

«Кругленькие приборы»

История эта относится к тому времени, когда я был слушателем ВВИА. Мы были на войсковой стажировке в истребительном авиационном полку, укомплектованном самолетами Ла-5. Руководил стажировкой преподаватель кафедры эксплуатации авиационной техники инженер-подполковник С.

В один из дней, когда мы выполняли на аэродроме вместе с техсоставом полка какие-то регламентные работы на самолетах, на горизонте показался заходивший на посадку истребитель Ла-5. Когда самолет был уже близок, мы заметили, что он движется как-то странно, переваливаясь с крыла на крыло. Одновременно бросилось в глаза, что наши коллеги — механики и техники спешат попрятаться, кто где может. Кто-то из них успел шепнуть, что это заходит на посадку на своем самолете командир дивизии, известный летчик-истребитель, Герой Советского Союза, генерал-майор Л., причем, по характеру полета видно, что он сильно «под газом».

До нашего руководителя дошла только информация о личности пилота, но не об его состоянии, и С., повинувшись своему воинскому долгу, как он его понимал, направился навстречу бросившему кому-то парашют и двигавшемуся нетвердыми шагами командиру дивизии. Остановившись в трех шагах, С. со-

общил, что группа слушателей ВВИА им. Жуковского проходит войсковую стажировку, о чем докладывает руководитель практики имярек. Дальше последовал такой диалог, услышанный высунувшимися по такому поводу из-под крыльев представителями техсостава и нами, «стажерами».

Л.: — *Это ты и есть руководитель? А что ты сам понимаешь в самолетах?*

С.: — *Спросите меня что-нибудь, товарищ генерал, и убедитесь.*

Л.: — *А ну скажи, сколько **кругленьких приборов** в кабине?*

С.: — ??

Л.: — *Я же знал, что ты ни х... не знаешь.*

За этой сентенцией последовал презрительный взмах рукой. Такой вот авиационный юмор.

«Рабочее место»

Эта история значительно более поздняя. Случилась она в Соль-Илецке, когда я был преподавателем теории полета в 1-м ЧВАУ (об этом периоде моей жизни я уже рассказывал). На аэродроме, расположенном на окраине города, базировался один из полков нашего Училища (полк боевого применения). В авиационном городке проживали преподаватели, инструкторы и представители техсостава. Там же была казарма, в которой размещались курсанты третьего года обучения.

Полку был придан отдельный батальон аэродромного обслуживания (БАО), командир которого имел странную фамилию Мултых. Командиром полка был молчаливый подполковник Зарин. У него была своя странность — это то, что он был вполне натуральным шведом. Именно он вывозил меня в «зону» на спарке УТИ МиГ-15, чтобы я понял, как он выразился, *«что чувствует пилот, выполняя фигуры сложного пилотажа, когда на него действуют силы, которые ты так хорошо рисуешь на доске»*. Надо сказать, что понял я это тогда в полной мере (благо, здоровье тогда позволяло).

Переход Училища на самолет МиГ-15 произошел несколько позже, а в описываемый период курсанты летали на полигон на самолетах-штурмовиках Ил-10, сначала с инструктором, а потом — самостоятельно — отрабатывали стрельбу по наземным целям и бомбометание. В некоторые дни инструкторам приходилось делать, каждый раз — с новым курсантом — по 7-8 вылетов.

Инструктор находился в задней кабине «спарки», куда просачивались при закрытом фонаре выхлопные газы. К этому добавлялась жуткая жара. Словом, хлеб у инструкторов был не легкий. Все это усугублялось тем, что курсанты были уже хорошо

подготовлены, и вмешательство инструктора в их действия почти не требовалось, а быть на самолете в роли пассажира — это для летчика — нож острый.

Все это «присказка». А «сказка» заключается в следующем. В один из дней при выполнении последнего вылета с курсантом на полигон смертельно уставший инструктор (это был опытный летчик — командир эскадрильи) открыл фонарь кабины, отстегнул привязные ремни и, по-видимому, задремал. Очнулся он, как сам потом рассказывал, когда увидел под собой мелькнувший хвост улетавшего от него самолета...

Как выяснилось позже, курсант, возвращаясь после успешного бомбометания, сделал, на радостях, крутую горку с последующим резким переходом в горизонтальный полет, создав тем самым отрицательную перегрузку. Результатом явилось то, что инструктор, не успев моргнуть глазом, вылетел из кабины, к счастью, не зацепив, хвостовое оперение.

С трудом найдя кольцо, уехавшее глубоко под мышку при расстегивании привязных ремней, он открыл парашют и благополучно приземлился на колхозном поле. Тем временем курсант успешно завершил полет. Исчезновение инструктора он заметил, только зарулив на стоянку. Описание последовавшей за этим сцены с активным участием командования полка я опускаю.

Финал был таков: инструктор прибыл часа через два на колхозной полуторке, в расхристанных чувствах, пропыленный насквозь и злой, как черт. И тут последовала кульминация: вздохнувший с облегчением после пережитого потрясения начальник штаба полка произнес на полном серьезе, обращаясь к инструктору, следующую гневную фразу: *«Вы понимаете, капитан, что Вы совершили? Вы покинули свое **рабочее место!**»* — еще один образец не осознанного авиационного юмора.

«Хлестаков» поневоле

А теперь под занавес история, героем которой волею судеб оказался я сам, вместе со своим коллегой. Во время очередной командировки на полигон, который сейчас называется «Байконур», я оказался там вместе с моим коллегой, сотрудником отдела управления, Альбертом Семеновичем Качановым (ныне — заместитель директора Института геохимии и аналитической химии им. акад. Вернадского). На этот раз мы должны были выполнять функции представителей ЦНИИМаш на заседаниях Госкомиссии по испытаниям какого-то изделия (сейчас не помню, какого).

Предъявив в соответствующее окошко свои документы, мы ожидали получить, как обычно, направление в гостиницу, известную в народе как «Золотой клоп» (официально она на-

звалась как-то иначе). Чтобы Вам было понятно — это что-то вроде казармы с комнатой на полсотни коек, «удобствами» в конце бесконечно длинного коридора, водой, капавшей из крана только в редкие счастливые мгновения, и прочими признаками отеля люкс.

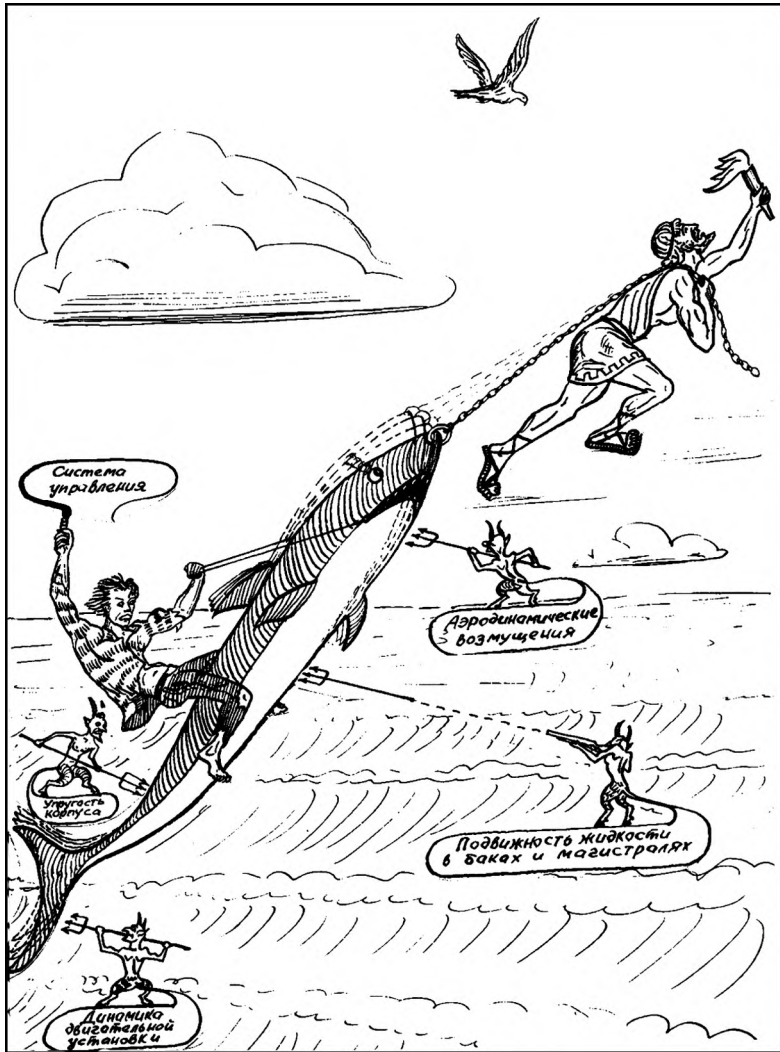
Однако события начали развиваться по совершенно иному сценарию. Вместо того чтобы выругать нас, как было принято, за какую-либо ошибку в документах, наши бумаги приняли с подчеркнутой предупредительностью, и нам выписали, к нашему полному недоумению, направление в так называемую «Нулевку» — гостиницу для высоких особ. По отношению к «Золотому клопу» «Нулевка» было тем же, чем пятизвездочный Хилтон по отношению к Дому колхозника в городе Урюпинске.

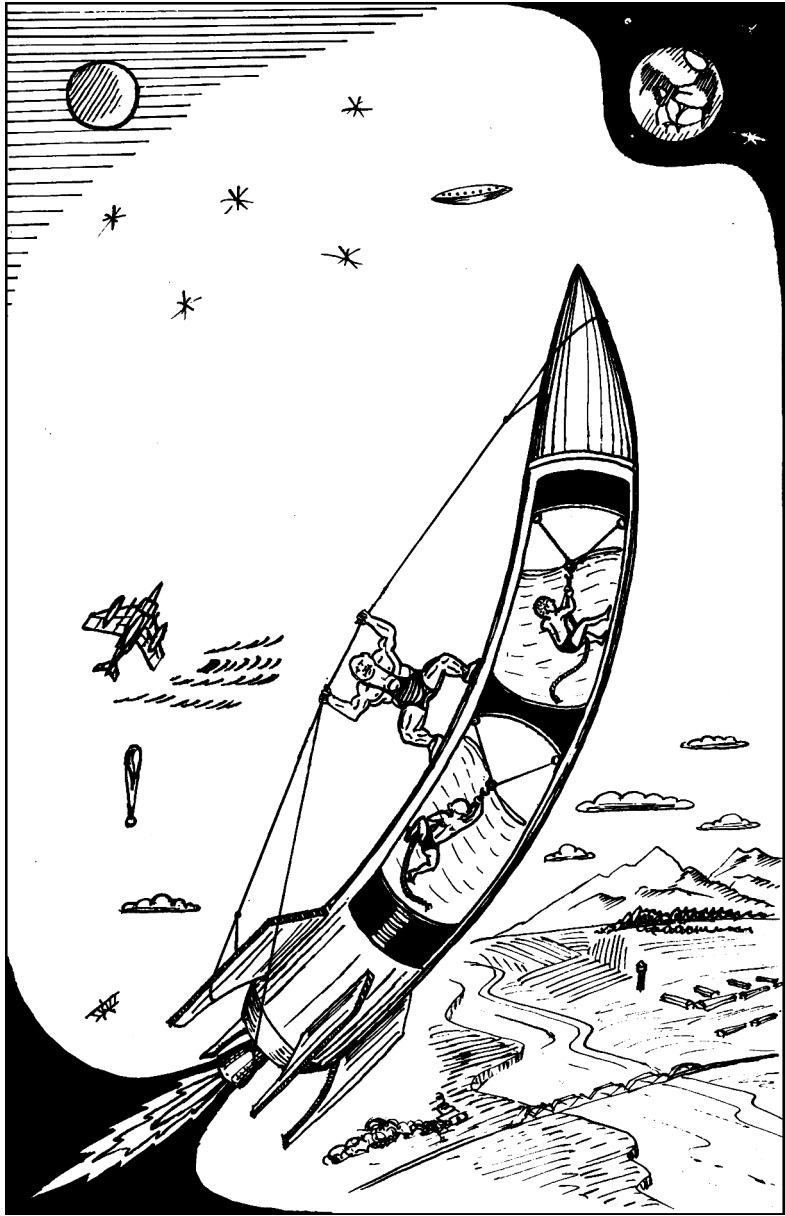
Сохраняя достоинство, приличествующее этой неординарной ситуации, мы расписались, где положено, и направили стопы в гостиницу для небожителей. Угнездившись в двухместном номере, мы вкусили прелесть душа, натурального чая в комфортабельной столовой на малое число персон, локального кинематографа по вечерам, только для «резидентов» (некоторые из них смотрели на нас с таким же недоумением, как писатели, обедавшие в своем персональном ресторане, на Бегемота и Коровьева в известном романе Булгакова).

На заседания Госкомиссии нас возили не на «Козле», а на комфортабельном автобусе, словом, пошла райская жизнь. Постепенно каждый из нас полностью вошел в роль Хлестакова, и мы начали привыкать к мысли, что так и должно быть, хотя временами нас все же грыз червь сомнения (помните: *«Господа, к нам едет ревизор...»*). Однако ничего такого до самого нашего отъезда так и не произошло.

Как выяснилось, мы, сами того не ведая, заняли места, забронированные для двух больших начальников, ни один из которых почему-то не приехал. Так вот (о, чудо!) мы оба оказались их однофамильцами: Е. Н. Рабинович был главным инженером Управления в Госкомитете по оборонной технике, а В. М. Качанов — директором отраслевого НИИ в г. Загорске.

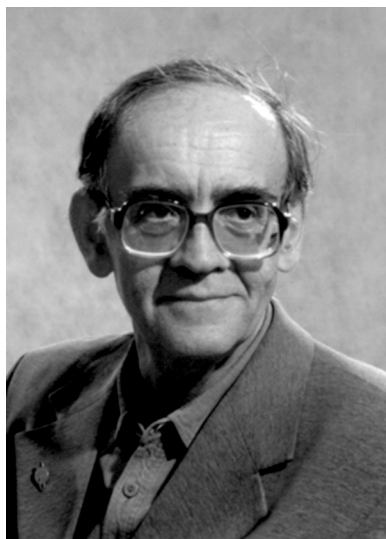
Теперь прикиньте вероятность такого достойного изумления совпадения (произведение вероятностей составляющих его независимых случайных событий) и можете начинать смеяться.







Г. Н. Микишев



Н. Я. Дорожкин



В. Г. Степаненко



И. С. Ковнер



В. М. Роговой



А. В. Калинина



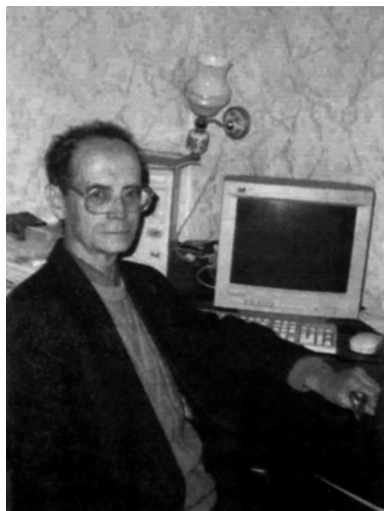
В. Г. Лебедев



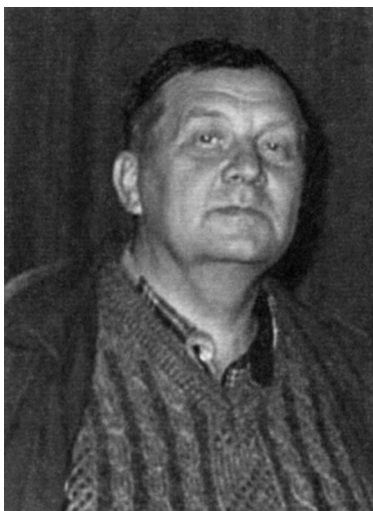
Л. В. Докучаев



В. И. Прохоренко



И. М. Сидоров



А. И. Мытарев



Г. А. Чурилов



О. П. Клишев

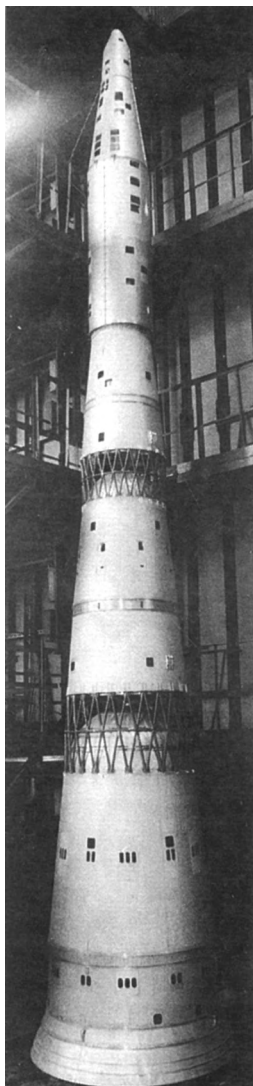


Отдел № 10 на природе
(В. С. Кобычкин, Е. М. Стажков, Б. И. Рабинович)

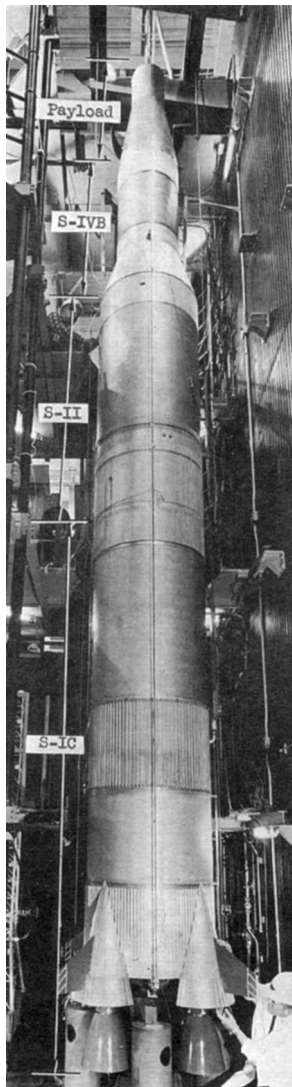


Александр Брусиловский и Юрий Галлай (1982)

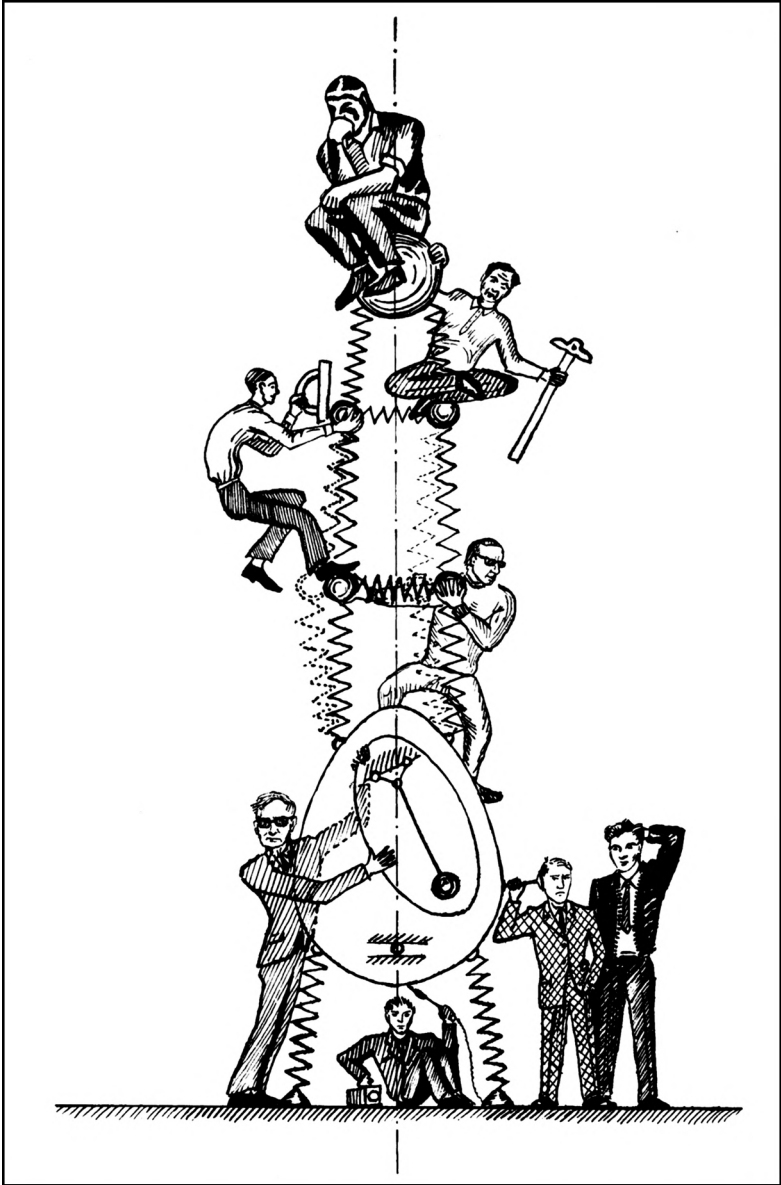
Конструктивно подобные модели (М 1:10) Н-1 «Сатурн-5»

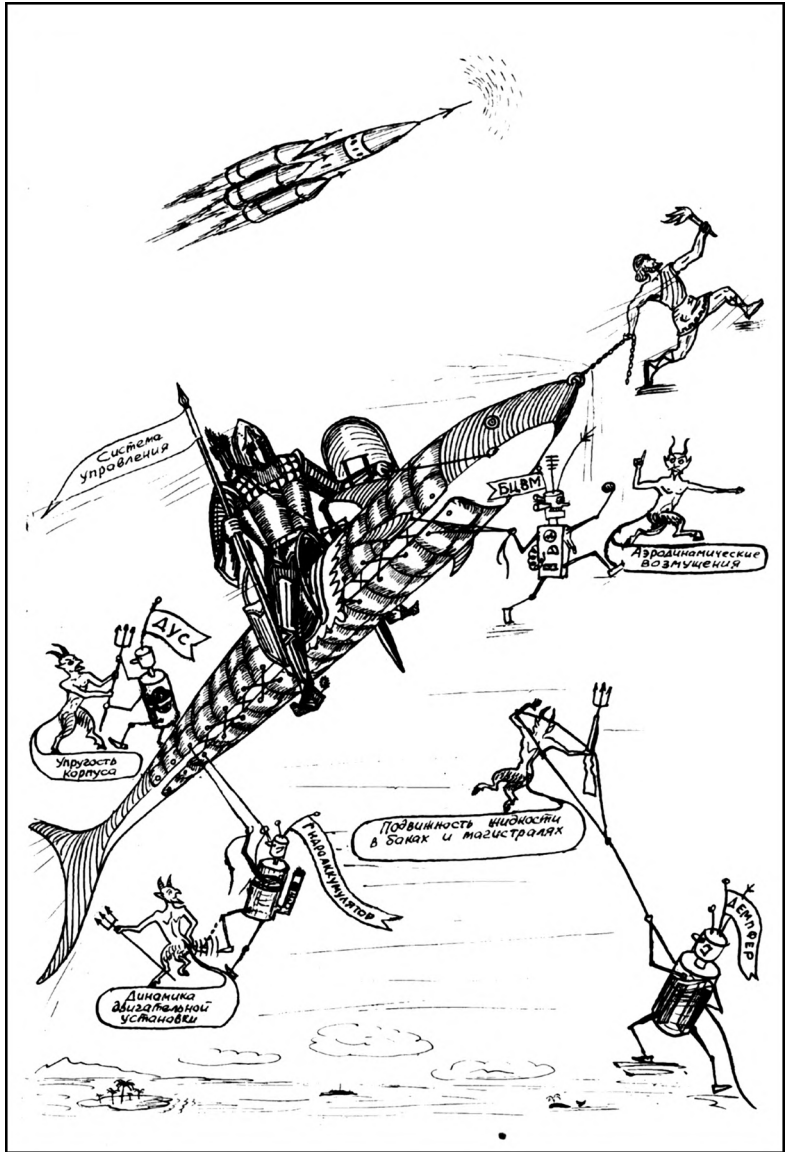


Н-1



«Сатурн-5»



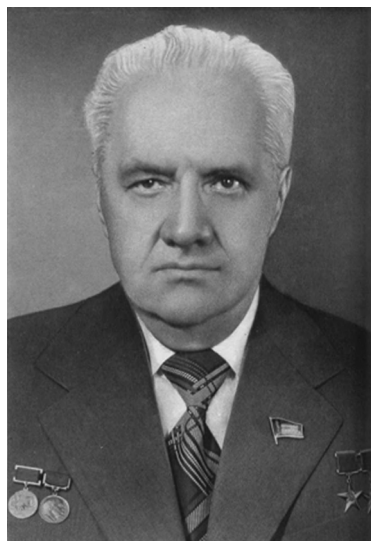




С. П. Королев



М. К. Янгель



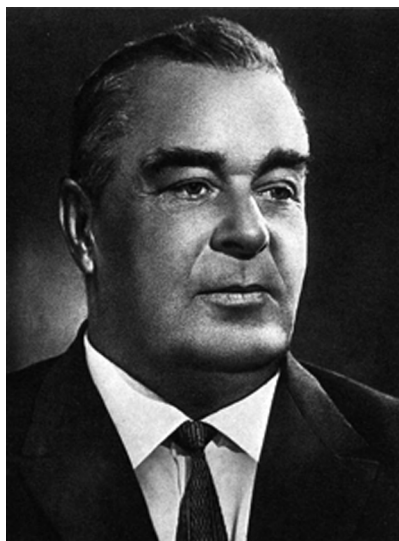
Н. А. Пилюгин



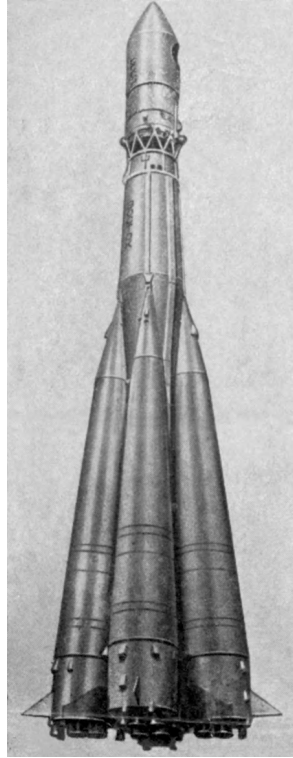
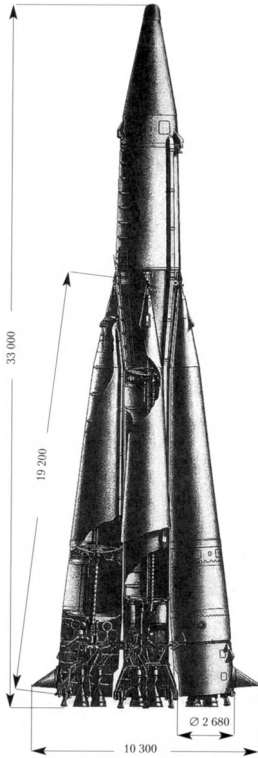
В. П. Глушко



С. А. Косберг



А. М. Исаев



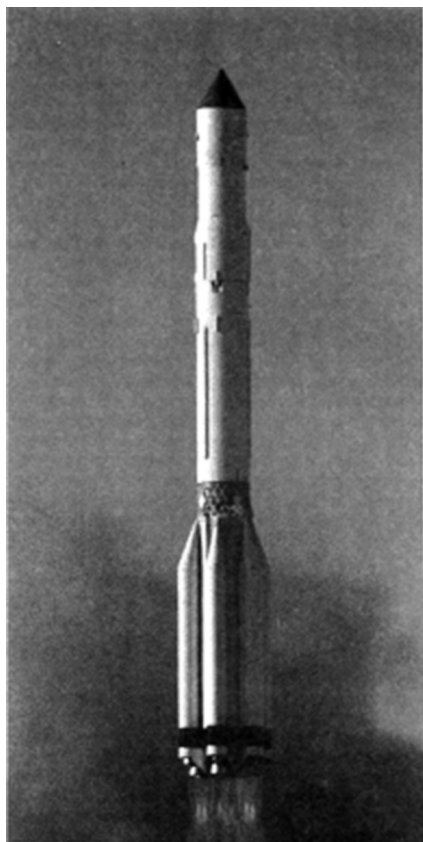
Баллистическая ракета Р-7



Ракета-носитель «Восход»



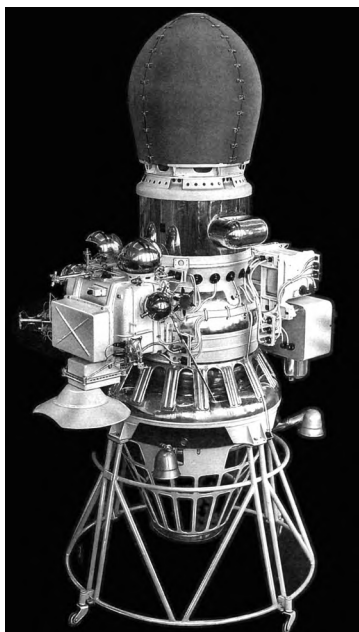
Старт модифицированной ракеты-носителя
с пилотируемым космическим кораблем



Старт ракеты-носителя
«Протон»



В. Н. Челомей



КА «Луна-10»



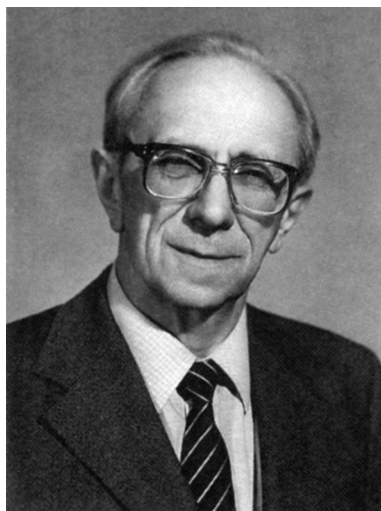
Г. Н. Бабакин



Б. В. Раушенбах



К. П. Феоктистов



И. А. Эрлих



М. Л. Галлай



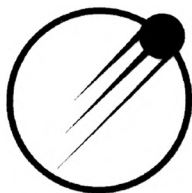
Вертолет «Летающий вагон» (конструктор — И. А. Эрлих)

«ТАК СВЕТИТ ПРОШЛОЕ НАМ В ЖИЗНЕННОЙ НОЧИ,
НО УЖ НЕ ГРЕЮТ НАС ХОЛОДНЫЕ ЛУЧИ,
ЗВЕЗДА МИНУВШЕГО ТАК НЫНЕ НАМ ВИДНА,
ВИДНА, НО ДАЛЕКА — СВЕТЛА, НО ХОЛОДНА».

Джордж Байрон



Ракета-носитель Н-1 на стартовой позиции



**НИИ-88 (ЦНИИМаш).
РАКЕТА-НОСИТЕЛЬ Н-1
И ЕЕ АНАЛОГ «САТУРН-5»**



— *Свою судьбу отдел № 10 НИИ-88 на определенном этапе связывал с лунной программой и носителем Н-1. На Ваш взгляд, почему проект Н-1 не состоялся?*

Ракета-носитель Н-1

— Я не судья в таком сложном деле, требующем владения гораздо большей информацией, чем я располагаю. Но в той части, в которой могу считать себя компетентным, полагаю, что проект нашего тяжелого носителя Н-1 опирался на ряд весьма спорных инженерных решений, которые, как стало ясно слишком поздно, уступали принципиальным решениям, заложенным в проект носителя «Сатурн-5», сыгравшего основную роль в программе США пилотируемых полетов к Луне.

Основной просчет заключался, на мой взгляд, в выборе двигателей для всех трех ступеней, который определился чисто субъективным фактором — резким расхождением во взглядах на эту проблему Королева и Глушко, которое фактически привело к их полному разрыву, последовавшему после многолетнего плодотворного сотрудничества.

Дело в том, что для конкурентоспособности Н-1 с РН «Сатурн-5» требовались двигатели, подобные двигателям F-1, стоявшим на первой ступени этого носителя, с тягой не менее 700 тс у земли. Двигатели с такими параметрами готов был разработать для Н-1 Глушко, у которого уже имелся необходимый для этого технический задел.

Однако двигатели Глушко должны были работать на крайне агрессивном и токсичном топливе (азотный тетраоксид + диметилгидразин (гептил)). Королев против этого категорически возражал, настаивая на экологически чистом топливе — жидкий

кислород + керосин и, как показало будущее, был абсолютно прав (можно представить себе, какая территория была бы отравлена после аварии, произошедшей при втором пуске Н-1, когда полностью заправленная ракета рухнула на стартовое сооружение через несколько секунд после старта!).

Глушко наотрез отказался создавать 700-тонные двигатели на жидком кислороде и керосине. Это и привело к полному разрыву двух знаменитых Главных конструкторов, который позднее сделал их непримиримыми врагами. Некоторые нечистоплотные люди пытались уже после смерти Королева погреть руки на этой драматической истории, развернув (к сожалению, не без ведома Глушко) полемику о том, кто является *«Первым из Первых»* в отечественной РКТ.

Рецидив этой дискуссии в форме *«Кто из Главных главнее»* возник во время одной из поездок в служебном автобусе, который возил на работу нескольких сотрудников НИИ-88, включая Вашего покорного слугу, и перешедшего туда после закрытия его КБ-3 Доменика Домениковича Севрука. Именно он положил конец дискуссии (по крайней мере, в нашем автобусе), подав после долгого молчания следующую реплику: *«Все это — полная ерунда, самый главный — это я, поскольку был у них обоих старшим по камере»*. Д. Д. был непререкаемым авторитетом во всех вопросах, связанных не только с «шарашками», но и с печально знаменитой Кольмой, поэтому его слово на эту тему было законом.

Вернусь к проблеме маршевых двигателей для Н-1. В результате позиции Глушко Королев был вынужден отказаться от идеи семисоттонников и перейти к двигателям с тягой 150 тс. Для первой ступени (блока А) потребовалось сначала 24 таких двигателя (в дальнейшем это число пришлось увеличить до 30). Такое решение потребовало полного изменения концепции создания управляющих моментов: вместо поворота двигателей необходимо было менять их тягу, причем с весьма малой постоянной времени. Таких двигателей раньше никто в мире не делал.

Королев обратился к Н. Д. Кузнецову, работавшему в МАП. Н. Д. Кузнецов был Главным конструктором КБ в г. Куйбышеве. Под его руководством были созданы авиационные турбовинтовые двигатели НК-12 с мощностью 15 000 лс. Здесь мне представляется возможность снова упомянуть Михаила Леонтьевича Новикова, которого я поставил на первое место, рассказывая Вам о своих учителях.

Двигатель НК-12 был в дальнейшем модифицирован путем замены редуктора традиционной конструкции на редуктор Новикова. В результате оказалось возможным увеличить мощность до 18 000 лс. Именно эти двигатели, получившие маркировку НК-12М, установлены на стратегическом бомбардировщике

Ту-95, входящем в наше время, наряду с Ту-160, в состав отечественной стратегической авиации.

Однако у Кузнецова не было никакого опыта создания ЖРД. А в данном случае требовалось разработать уникальный в определенном смысле двигатель с совершенно новой системой управления тягой и чрезвычайно высокими удельными параметрами.

Н. Д. Кузнецов в целом справился с поставленной перед ним труднейшей задачей. Двигатель 11Д51 стал реальностью. Но у Кузнецова было слишком мало времени на доводку двигателя — сроки все время поджимали. В результате надежность 11Д51 оказалась, увы, слишком низкой. Уже в процессе летных испытаний Н-1 двигатель был доработан, и его модифицированный вариант установлен на изделии № 8-л. Однако было уже поздно — программа Н-1 была закрыта, и этот пуск не состоялся.

Замечу, что через 30 лет один из модифицированных двигателей 11Д51 был расконсервирован, поставлен на стенд и успешно отработал свой ресурс.

Но все это было «потом», а если обратиться к двигателям, установленным на летавших экземплярах Н-1 и предположить, что их надежность, которую обозначим W , была 0,99; 0,98 или 0,95, то можно оценить, какова была вероятность безотказной работы всех 30 двигателей блока А (вспомним расчеты боевой эффективности по Ананьеву, о которых я рассказывал). Итак, если безотказную работу каждого из двигателей считать независимым случайным событием, то вероятность безотказной работы всех 30 двигателей — это, в силу известной теоремы теории вероятностей, произведение этих вероятностей, то есть $W^{30} = 0,74; 0,55$ или $0,21$.

Иными словами, при 95% надежности двигателя при четырех пусках Н-1 был вероятен отказ хотя бы одного двигателя. Это фактически и наблюдалось. Вот, что значит 30 двигателей! Прикинем вероятность безотказной работы 44 двигателей всех трех ступеней Н-1. Получается приблизительно 0,62; 0,42 и 0,11 соответственно.

Означает ли эта оценка смертный приговор Н-1? Полагаю, что нет. Несмотря на серьезные технические просчеты, объект Н-1 с модифицированными двигателями, вероятно, удалось бы в конце концов довести до работоспособного состояния, но этому помешали уже другие факторы, о которых мы поговорим позже.

— *Перечислите, пожалуйста, с какими наиболее острыми проблемами динамики и устойчивости пришлось столкнуться Вашему коллективу в ходе исследований, связанных с разработкой РН Н-1?*

— Сверхтяжелый носитель Н-1 представлял собой уникальное инженерное сооружение. Не имела прецедентов в

отечественной и мировой практике принятая конструктивно-компоновочная схема со сферическими баками первой, второй и третьей ступеней (блоки А, Б, В соответственно), диаметр которых, например, на блоке А был близок к 13 м! Это означало, что пришлось иметь дело с целыми летающими озерами: масса жидкости в некоторых из них приближалась к 1000 т!

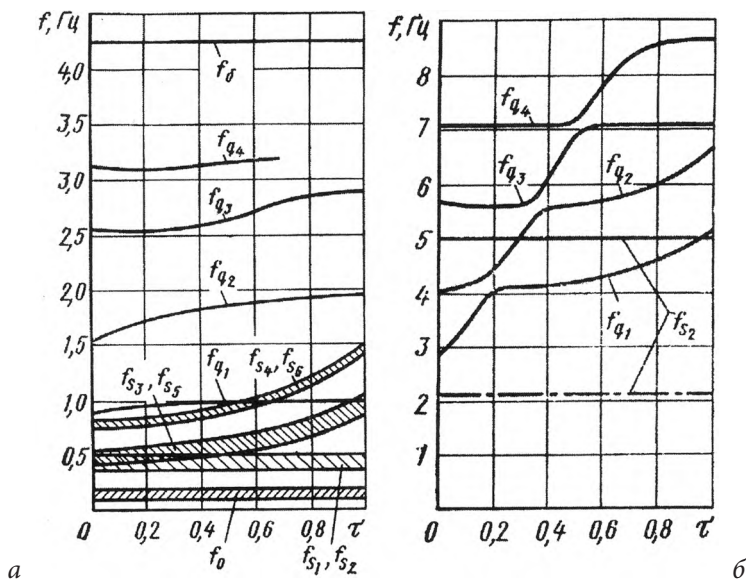
Уникальной была и принятая схема перераспределения тяг ЖРД (а не поворота ЖРД как, например, на американском аналоге Н-1 — ракете-носителе «Сатурн-5»). Все это в сочетании со сложной системой нагрузок и упругими деформациями элементов конструкции корпуса и баков, а также узлов подвески баков и многочисленных ЖРД (30 только на блоке А) порождало массу проблем динамики, управления, динамической прочности. Приведу характеристики комплекса Н-1 – Л-3.

РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС Н-1 – Л-3

Стартовая масса комплекса, т	2756
Масса полезного груза на орбите ИСЗ, т	70,56
Масса полезного груза на траектории полета к Луне, т . . .	19,95
Двигательная установка блока А (30 НК-15)	
Тяга на земле, тс	4590
Удельный импульс на земле, с	297
Время работы, с	113
Двигательная установка блока Б (8 НК-15В)	
Тяга в вакууме, тс	1364
Удельный импульс в вакууме, с	330
Время работы, с	108
Двигательная установка блока Б (4 НК-19)	
Тяга в вакууме, тс	163,2
Удельный импульс в вакууме, с	350
Время работы, с	375
Геометрические характеристики комплекса	
Длина максимальная, м	105,3
Длина ракеты без головного блока, м	60,28
Диаметр максимальный, м	16,87
Геометрические характеристики блока А	
Длина, м	30,09
Диаметр максимальный, м	16,87
Геометрические характеристики блока Б	
Длина, м	20,46
Диаметр максимальный, м	10,30
Геометрические характеристики блока В	
Длина, м	11,51
Диаметр максимальный, м	7,60
Длина космической головной части, м	43,22

Особенно неприятным обстоятельством было то, что спектр частот собственных колебаний корпуса, жидкости в баках, жидкости в топливных магистралях был необычайно плотным, так что все многочисленные потенциально неустойчивые подсистемы оказывались динамически связанными. Кроме того, собственные частоты этих подсистем были очень низкими; в результате в полосу пропускания автомата стабилизации и ЖРД попадало гораздо больше собственных частот, чем у объектов, с которыми нам приходилось иметь дело раньше.

Чтобы яснее представить себе эту картину, достаточно взглянуть на доминантные собственные частоты и их изменение по времени, которые мы рассчитали для первой ступени РН «Сатурн-5», используя официальные отчеты NASA. Соответствующие спектры оказались очень близкими к рассчитанным в дальнейшем для Н-1. Легко видеть, что зрелище получается удручающее!



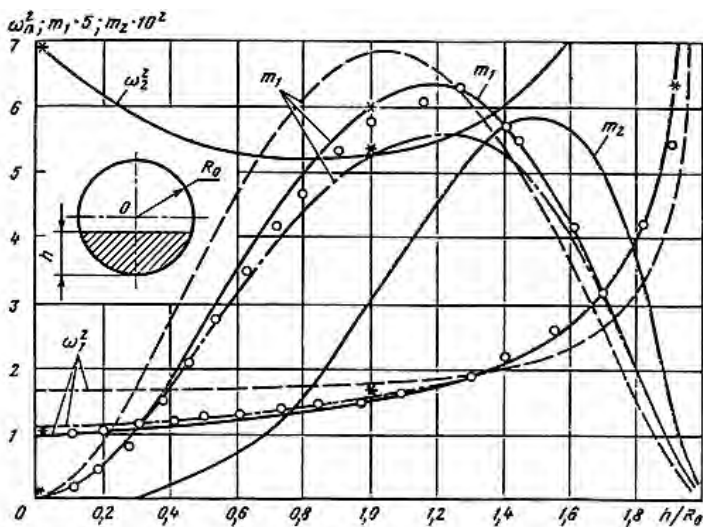
Изменение по безразмерному времени τ активного участка полета частот собственных поперечных (а) и продольных (б) колебаний корпуса и жидкости в баках и магистралях окислителя первой ступени ракеты-носителя «Сатурн-5»: f_0 — частота системы жесткий корпус — автомат стабилизации; f_{sn} — частоты жидкости в баках ($n = 1-6$); f_{s2} — частота колебаний столба жидкости в магистрали окислителя (— AS-501, — · — AS-502); f_s — частота колебаний ЖРД; f_{qj} — частоты упругих колебаний корпуса ($j = 1 \dots 4$); $\tau = t/t_k$; t_k — время активного участка полета первой ступени

— Как же удалось в конце концов справиться со всем этим и найти приемлемые проектные решения?

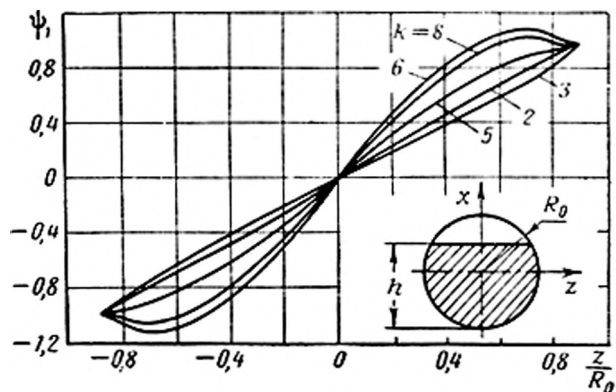
— Весь комплекс исследований, связанных с динамикой Н-1, занявший много лет, был проверкой на зрелость многих коллективов, включая и наш, и потребовал максимального напряжения интеллектуальных и физических сил всех участников этой эпопеи.

Я буду, естественно, говорить о проблемах, относящихся к сфере моей компетенции. Наш коллектив к моменту развертывания работ по Н-1 имел в активе значительный опыт участия в практической отработке ряда изделий отрасли, начиная от эскизного проекта и кончая летными испытаниями.

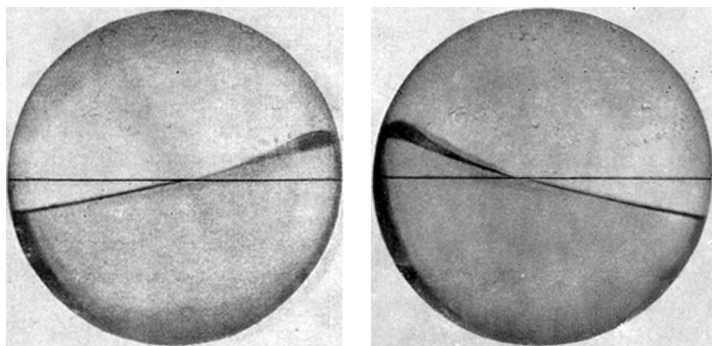
В частности, мы располагали к тому времени решением задачи о колебаниях жидкости в сферических баках, полученным независимо И. А. Луковским и И. Б. Богорядом вместе с Зоей Поляковой, сыгравшим большую роль в исследовании динамики Н-1, как твердого тела с полостями, частично заполненными жидкостью. Как показали эксперименты, проведенные под руководством Г. Н. Микишева на специальном стенде, экспериментальные значения частот собственных колебаний жидкости и присоединенных масс практически идеально совпали с теоретическими значениями во всем диапазоне глубин жидкости.



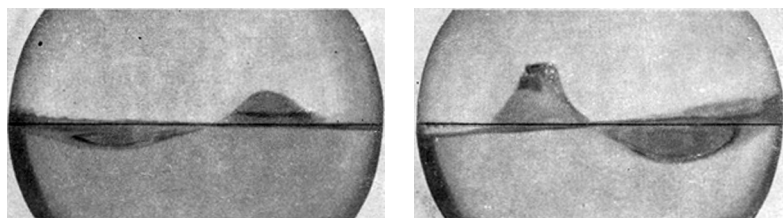
Квадраты частот ω_n^2 и присоединенные массы m_n первых двух тонов собственных колебаний жидкости в сферической полости, рассчитанные различными методами (* — точное решение, — эксперимент)



Форма колебаний свободной поверхности жидкости в сферической полости, соответствующая основному тону, в зависимости от номера приближения при $h = 1,5 R_0$

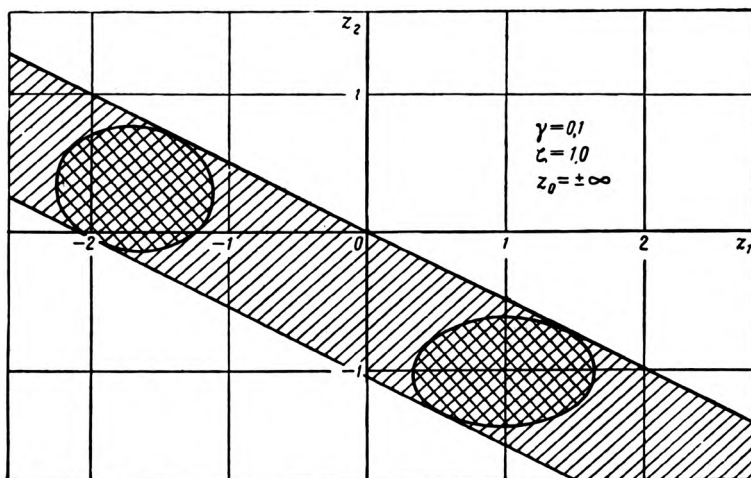


Экспериментальная форма колебаний свободной поверхности жидкости в сферической полости при $h = R_0$ в зависимости от амплитуды, основной тон



Экспериментальная форма колебаний свободной поверхности жидкости в сферической полости при $h = R_0$ в зависимости от амплитуды, второй тон

Были определены также области стабилизируемости и собственной динамической неустойчивости объектов со сферическими баками при управлении с помощью перераспределения сил тяги маршевых двигателей, как на всех трех ступенях Н-1 (см. рисунок).



Области стабилизируемости (не заштрихованы), нестабилизируемости (одинарная штриховка), и собственной динамической неустойчивости (двойная штриховка) для объекта типа каждого из блоков Н-1 при учете двух его собственных сферических баков. В отличие от рисунка в гл. 4, z_i — это безразмерные расстояния от центра масс затвердевшего объекта до центров баков в направлении его хвостовой части

Было налажено оперативное сотрудничество с разработчиками и смежниками Л. И. Алексеевым, Г. С. Ветровым, Е. Ф. Лебедевым, И. М. Рапопортом, Б. Е. Чертоком (ОКБ-1), А. М. Котляровым, М. А. Хазан, М. С. Хитриком (НИИАП), М. С. Галкиным (ЦАГИ), Р. Е. Лампером (СИБНИА), М. С. Натанзоном (НИИТП) и многими другими.

Имелся значительный задел в создании инструментов для исследования динамики сложных деформируемых систем; были разработаны:

- алгоритмы и программы решения гидродинамических задач для баков еще более сложной конфигурации с учетом внутрибаковых демпфирующих устройств (Лев Докучаев и его сотрудники Геннадий Ефименко, Галина Иноземцева, Зоя Полякова, Виктор Роговой, Евгений Стажков и др.);

- алгоритмы и программы расчета форм и частот собственных колебаний сложных пространственных тонкостенных конструкций, включая упругие колебания сферических оболочек с жидкостью (Вячеслав Шмаков и его сотрудники Юрий Балакирев, Эмилия Богадица, Вадим Кобычкин, Людмила Новохатская, Владимир Яблоков и др.);
- методы и программы исследования устойчивости нестационарных систем со многими степенями свободы с учетом нелинейностей и наличия бортовой цифровой машины в контуре управления, а также целый класс новых перспективных алгоритмов стабилизации, реализуемых на бортовых вычислительных машинах (Игорь Сидоров и его сотрудники Людмила Гончарова, Изабелла Коротаева, Лаура Крангачева, Галина Кучма (Брусиловская), Валерий Лебедев, Анна Микитюк, Станислав Черемных и др.).

Был преодолен информационный вакуум, и в нашем распоряжении уже давно были не немецкие трофейные материалы, а обширные публикации в научных журналах США и отчеты NASA в интересующей нас области, в первую очередь, по тематике, связанной с широко разрекламированной американской программой «Сатурн-Аполлон» пилотируемых полетов к Луне и высадки астронавтов на ее поверхность.

Информационный прорыв

— *Нельзя ли рассказать подробнее о том, как строилось информационное обеспечение проводимых исследований, к которому вы придаете такое значение?*

— Получение всесторонней, точной, объективной и своевременной информации играет, как Вы хорошо знаете, большую роль в любой научно-исследовательской работе. Наша работа не была исключением, скорее наоборот, поскольку велась в условиях конкуренции с зарубежными коллегами.

Здесь я должен помянуть добрым словом начальника сектора отдела научно-технической информации НИИ-88 Дмитрия Юрьевича Гольдовского. Периодически выходивший в НИИ-88 бюллетень по РКТ, издание которого он осуществлял, а также целый ряд тематических обзоров, систематически появлявшихся под его редакцией, характеризовались высоким профессиональным уровнем и служили ценным подспорьем в работе всех подразделений института, включая и наше.

Однако долгое время мы испытывали острый дефицит в зарубежной первичной информации, непосредственно связанной с научными аспектами проблем динамики объектов РКТ. Следует подчеркнуть, что никакой перевод научно-технического отчета

с языка оригинала, не говоря уже об обзоре или реферате, не может заменить для специалиста сам исходный материал. Целый ряд тонкостей и нюансов, очень много говорящих профессионалу, утрачиваются при любом, даже самом квалифицированном переводе, выполненном неспециалистом.

На определенном этапе мы получили доступ к оригиналам отчетов NASA и другим аналогичным материалам, но это произошло значительно позже. Хотел бы вспомнить в связи с этим один характерный эпизод, который я изложу со слов Г.Н. Микишева — одного из непосредственных участников. Речь идет о международном симпозиуме по РКТ в Чикаго в середине 1960-х годов.

Особенность ситуации заключалась в том, что это был первый случай, когда в состав советской делегации в качестве участников были включены два ученых — исследователя, занимавшихся практическими аспектами РКТ: сотрудники НИИ-88 Г.Н. Микишев и И.К. Бажинов. До этого советскую науку на подобных форумах обычно представляли ученые из различных академических институтов, не имевших отношения к реальной разработке объектов отечественной РКТ. Для оформления командировки Микишева и Бажинова в Чикаго потребовалось личное указание первого заместителя министра общего машиностроения Г.А. Тюлина.

Сейчас, когда заграничные командировки и вообще поездки за рубеж наших сограждан, включая и ученых самых «закрытых» специальностей, стали вполне заурядным явлением, трудно представить всю суету, связанную с описываемым событием. Но, так или иначе, поездка состоялась, хотя и не удалось избежать некоторых накладок. Так, к примеру, будущие докладчики совершенно упустили из виду проблему сувениров. Эта оплошность была исправлена в самый последний момент: две бутылки «Столичной» и пол-литровая банка черной икры, купленной на вес (стандартной расфасовки почему-то не нашлось), заняли почетное место в чемоданах командированных. Икра сыграла в последующей истории важную роль, поэтому я специально останавливаюсь на этой детали.

Полет до Чикаго с пересадкой в Нью-Йорке прошел без приключений. Доклады были прочитаны вполне успешно и вызвали большой интерес, как, впрочем, и сами докладчики. Однако когда симпозиум был закончен и дело дошло до раздачи печатных материалов, оказалось, что всем участникам, кроме наших, материалы «положены», а нашим — «не положены».

Председатель оргкомитета, явно испытывая чувство неловкости, пытался как-то объяснить этот акт дискриминации, но это ему не очень удавалось. Учитывая, что получение всех официальных материалов симпозиума рассматривалось в качестве

одной из главных задач командировки, возникшая неприятная ситуация явилась серьезным ударом. То, что поведение «хозяев» носило явно неспортивный характер, служило слабым утешением.

Именно с таким минорным настроением герои описываемых событий готовились принять участие в небольшой «party», куда были приглашены все участники симпозиума, на этот раз без ограничений. Проконсультировавшись с руководителем делегации и получив его «добро», два московских гостя отправились на мероприятие, захватив с собой привезенные сувениры. В подходящий момент последние были выставлены на стол в «области притяжения» (термин, относящийся к фазовому портрету нелинейной системы. — А. Б.) председателя оргкомитета и его штаба (последний включал, как особо отметил Геннадий Никифорович, немало весьма эффектных барышень, явно не похожих на жен).

Прием прошел «в теплой, дружеской обстановке», причем, «Столичная» и икра были встречены с неподдельным энтузиазмом. Не остался без внимания и тот факт, что количество икры соотносилось с принятыми у любезных хозяев нормами примерно так же, как присущая нашим соотечественникам человеко-доза выпивки с местной порцией под названием «одно виски» (на два пальца жидкости на доннышке стакана + столько же содовой + лед). Адекватная реакция ученой публики явилась приятной неожиданностью. Однако главный сюрприз ждал впереди в виде следующего прочувственного монолога председателя оргкомитета:

— *Dear Dr. Mikishev, Dear Dr. Bazhinov!*

Я и мои коллеги некоторое время к вам присматривались, поскольку остальные участники вашей делегации здесь хорошо примелькались, и в отношении их подлинной роли в советской РКТ мы давно уже не питаем никаких иллюзий. Сначала мы отнесли вас обоих к той же категории. Однако довольно скоро поняли, что вы настоящие профессионалы в области РКТ, причем весьма высокого класса. Это стало приятным открытием, поскольку вы — первые специалисты такого рода, с которыми нам посчастливилось познакомиться. Более того, ваше появление здесь, на нашей «party», да еще не с пустыми руками, усилило наше уважение, ибо вы оказались выше вполне объяснимого чувства обиды.

Я не уверен, что сам сумел бы поступить в аналогичной ситуации так же. Так вот я хочу в какой-то мере загладить негативный эффект, связанный с неуклюжими действиями наших «officials» (официальных лиц — А. Б.), к действиям которых я, поверьте, не имею никакого отношения. А посему позвольте вам вручить в качестве моего личного подарка по экземпляру всех

докладов. Боюсь, что у меня будут из-за этого серьезные неприятности с моим начальством, но я просто не могу поступить иначе.

И с этими словами он вручил Микишеву и Бажинову по толстой пачке материалов симпозиума, которые были приняты с большой благодарностью. Кажется, это и был первый прорыв информационной блокады (Да здравствует международная солидарность ученых, побеждающая происки чиновников!).

Возвращаясь к Вашему предыдущему вопросу. Тщательные и глубокие теоретические и экспериментальные исследования динамики с учетом подвижности жидкости в баках и упругости корпуса, проведенные в ЦНИИМаш совместно с ОКБ-1 и НИИАП, позволили в конечном счете решить, как это сначала показалось, все основные проблемы динамики. Во всяком случае, при первом запуске Н-1, состоявшемся 21 февраля 1969 года, никаких серьезных замечаний в этой области в процессе полета первой ступени не было.

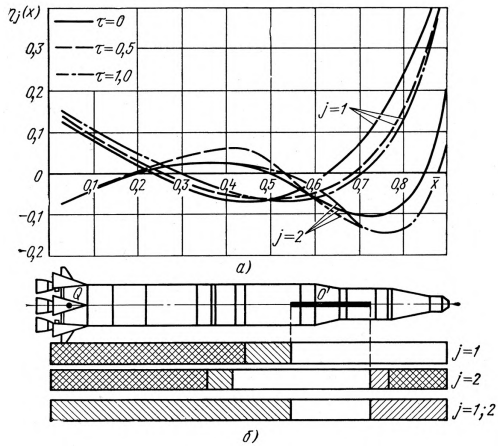
Особо следует отметить роль комплекса экспериментальных исследований на КПМ носителя в целом (М 1:10) и блока В (М 1:5), изготовленных и испытанных (Г. Н. Микишев) в отделе динамики, а также статических и динамических испытаний натурных блоков в отделении прочности (А. В. Кармишин). В ходе этих обширных исследований были созданы новые демпферы колебаний жидкости в баках и осуществлен ряд конструктивных мероприятий, способствовавших уменьшению ожидаемых амплитуд упругих колебаний корпуса.

Ракета-носитель «Сатурн-5»

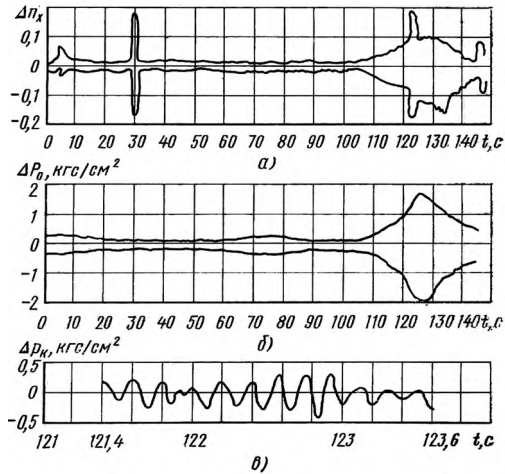
— Проблемы динамики стояли перед разработчиками этого носителя очень остро. Не вдаваясь в подробности, скажу, что с колебаниями жидкости удалось справиться с помощью большого количества узких кольцевых демпферов в баках всех трех ступеней (см. фото).

Проблема стабилизируемости упругих поперечных колебаний корпуса (вспомните нашу баллистическую ракету Р-14) была решена путем размещения датчиков угловых скоростей (ДУС) в специально выбранных сечениях корпуса, как это показано схематично на отдельном рисунке.

Что касается продольных колебаний корпуса, то есть — проблемы POGO, то о ней следует сказать особо. Располагая негативным опытом «Титана-2», разработчики РН «Сатурн-5» конечно должны были также уделить им должное внимание. Однако тут у американцев случился «прокол». Если первый пуск, AS-501, прошел успешно, то на втором, AS-502, было зафиксировано в конце активного участка полета явление POGO в самой, что ни на есть классической форме (на рисунке).



Первые две формы поперечных колебаний корпуса первой ступени РН «Сатурн-5» (а) и положение ДУС по длине корпуса (б), исходя из условий стабилизируемости упругих колебаний



Явление POGO при втором запуске ракеты «Сатурн-5» (AS-502) по данным телеметрии: а — огибающая колебательной составляющей перегрузки в долях g; б — то же для давления на входе в насос окислителя; в — то же для давления в камере сгорания одного из ЖРД

К счастью, это не привело к катастрофе, и полет завершился успешно. Однако пришлось прервать испытания для проведения обширного комплекса теоретических и экспериментальных исследований, следствием которых явился ряд конструктивных доработок. Были разработаны специальные устройства, аналогичные гидроаккумуляторам, для снижения частоты первого тона собственных колебаний жидкости в магистралях окислителя. Вся эта работа заняла больше полугода. Она описана в статье *Goerner E. E. Lox prevolve to prevent on POGO effect on Saturn-5 // Space/Aeronautics. 1968. V. 7. N. 50* и в докладе *Rich R. L. Saturn-5 POGO and Solution // AIAA Structural Dynamics and Materials Conference. New Orleans, Louisiana, Apr. 1969.*

Объем наземной отработки был настолько полным, что лица, ответственные за программу, приняли беспрецедентное решение осуществить сразу же целевой пуск доработанного носителя (AS-503). В соответствии с программой полета предполагалось вывести на окололунную круговую орбиту с расстоянием порядка 100 км от поверхности Луны пилотируемый корабль «Аполлон VIII» с экипажем из трех астронавтов под командой Фрэнка Бормана.

Старт состоялся 21 декабря 1968 года в 12 ч 51 мин со стартовой площадки А комплекса № 39, с опозданием всего на 65 мс, и был успешным. Это был первый запуск пилотируемого корабля ракетой-носителем «Сатурн-5», и программа полета корабля «Аполлон VIII» была полностью выполнена.

Симптоматично, что явление POGO снова напомнило о себе, но уже на второй ступени носителя «Сатурн-5», во время запуска пилотируемого корабля «Аполлон XIII». Этот полет больше известен тем, что едва не закончился гибелью экипажа, правда, совсем по другой причине (взрыв топливного элемента). 11.04.1970. при запуске космического корабля «Аполлон XIII» ракетой-носителем AS-508 центральный двигатель второй ступени отключился на 132 секунды раньше расчетного времени.

Причиной была новая «мутация» POGO: в магистрали жидкого кислорода этого двигателя возникли продольные колебания с частотой 14...16 Гц, коррелированные с частотой колебаний подмоторной рамы (20 Гц). В результате давление на входе в насос упало ниже критического уровня, и два датчика подали сигнал на аварийное выключение двигателя. Корабль вышел на околоземную орбиту, но запуск все же оказался аварийным из-за взрыва топливного элемента уже на орбите полета к Луне (успешное в смысле спасения экипажа завершение этого полета — это уже другая, причем героическая, история).

Что касается рецидива явления POGO, то с ним удалось справиться перед следующими пусками тем же методом, что и

на первой ступени, — путем уменьшения частоты собственных колебаний жидкости в магистрали окислителя (вопрос, почему это не было сделано сразу же после AS-502, **остается открытым**). Все дальнейшие экспедиции, включая последнюю из них, «Аполлон XVII», **были, как известно, успешными, чему в немалой степени способствовало конструктивное совершенство и высокая надежность ракеты-носителя**

А теперь посмотрим, как обстояло дело с *надежностью* двигателей носителя «Сатурн-5». При всех его 12 пусках, кроме пуска с «Аполлоном XIII», **двигатели носителя (как и лунного модуля) работали практически безупречно (за явление POGO при втором пуске двигателя F-1 **прямой ответственности не несли**)**. На корабле «Аполлон XIII» **двигатель 2-й ступени выключился преждевременно, но это было связано с рецидивом POGO, и не помешало вывести корабль на расчетную орбиту полета к Луне**. Вообще этот пуск оказался единственным аварийным, но по причине, не имевшей отношения к носителю. Легко подсчитать общую надежность РН «Сатурн-5». Она по 12 пускам близка к 100 %. Вы скажете, что это чудо. Отнюдь нет — результат скрупулезной наземной — и поэтапной летной — отработки.

— *Насколько мне известно, проблема POGO много крови испортила не только американским, но и отечественным разработчикам тяжелых носителей. Как в этом смысле обстояло дело с Н-1?*

Исследование явления POGO

— Говоря об исследованиях динамики Н-1, я не выделил специально проблему POGO. **Разработчики носителя Н-1 отнесли к этой проблеме чрезвычайно серьезно, принимая во внимание и то, что произошло при втором пуске носителя «Сатурн-5»**. Эта работа заслуживает того, чтобы рассказать о ней подробно.

В НИИ-88 был проведен большой объем теоретических и экспериментальных исследований. В решении поставленной задачи сыграли большую роль конструктивно-подобные модели, о которых я говорил выше, и математические модели, учитывающие осесимметричные деформации оболочек с жидкостью, разработанные в нашем коллективе Вячеславом Шмаковым. Это направление получило дальнейшее развитие в оригинальных исследованиях Юрия Балакирева, послуживших основой его докторской диссертации.

Эти модели явились базой для комплекса теоретического анализа устойчивости продольных колебаний, проведенных в то время Вашим собеседником, Юрием Галлаем и Анной Калининой. Чтобы дать некоторое представление о масштабе проделанной работы, расскажу об этом подробнее.

Мы подобрали и тщательно проанализировали все доступные нам материалы (опубликованные в США), связанные с решением проблемы POGO, возникшей на РН «Сатурн-5» при втором пуске (AS-502), и шаг за шагом полностью восстановили соответствующие динамические картины до проведенных конструктивных доработок и после их проведения.

Для этого потребовалось рассчитать частоты и формы доминантных мод собственных продольных колебаний корпуса, которые мы уточнили по данным отчетов NASA, и все параметры математической модели, описывающей динамику замкнутой системы корпус – бак окислителя – магистрали окислителя – ЖРД (пять двигателей F-1, динамические характеристики которых оказались в нашем распоряжении благодаря подробному обзору, составленному по американским источникам А. Э. Ошеровым).

Результаты расчета областей устойчивости и неустойчивости продольных колебаний в плоскости характерных конструктивных параметров оказались очень поучительными. Так выяснилось, что в случае объектов AS-501 и система находилась в области устойчивости, вблизи ее границы, а в случае AS-502 — в области неустойчивости. Последним обстоятельством и естественным разбросом параметров, по-видимому, и объяснялось отсутствие POGO у AS-501 и наличие у AS-502. В случае объекта AS-503 система стала устойчивой, причем с большими запасами.

Опираясь на этот численный эксперимент, подтвердивший, что наша методика расчета вполне надежна, мы предсказали на основе математического моделирования потенциальную неустойчивость продольных колебаний корпуса первой ступени Н-1. Это позволило сформулировать требования к «анти-POGO» мероприятиям, которые позволили бы обеспечить с достаточными запасами устойчивость всей замкнутой системы.

Наши выводы были независимо подтверждены исследованиями, проведенными в НИИ ТП и в ОКБ-1 под руководством И. М. Рапопорта. Им же была предложена схема уникального динамического гасителя колебаний — своего рода гибрида между гидроаккумулятором, снижающим частоту собственных колебаний жидкости в магистрали, и классическим демпфером, увеличивающим диссипацию энергии. Это предложение было реализовано конструкторами.

Однако проверить эффективность «анти-POGO» конструкций с учетом реальных динамических характеристик ЖРД Н. Д. Кузнецова в ходе наземной отработки всех систем было невозможно из-за отсутствия предназначенного для таких исследований экспериментального стенда. Оставалось надеяться только на результаты летных испытаний. К сожалению, они пре-

поднесли ряд неприятных сюрпризов из категории «гладко было на бумаге...»

— *Как бы Вы оценили в целом результаты в части динамики, полученные в ходе отработки РН Н-1? Что Вы можете сказать об упомянутых Вами «сюрпризах», я имею в виду аварийные пуски?*

— Я бы отметил достигнутые важные результаты, связанные с работой системы управления, и решение всего комплекса проблем динамики, не утратившие силы и по завершении работ по Н-1, сыгравшие большую роль при разработке спустя много лет нового носителя «Энергия» (летные испытания с макетом полезной нагрузки прошли 15 мая 1987 года, а первый и, увы, последний, запуск в составе ракетно-космической системы «Энергия – Буран» 15 ноября 1988 года стал триумфом отечественной РКТ).

На систему управления налагались жесткие требования, поскольку запасы управляемости были ограничены из-за принятой схемы управления распределением тяг двигателей. В то же время управление требовалось осуществлять таким образом, чтобы минимизировать изгибающие моменты в сечениях корпуса при прохождении зоны максимальных скоростных напоров. НИИАП (главный конструктор Н. А. Пилюгин, непосредственный разработчик А. М. Котляров) успешно справился с этим, разработав оригинальную гибкую программу управления,

Тем не менее, все четыре запуска Н-1, которые были проведены в период с 1969 по 1972 год, описанные в Вашей обзорной статье, (*Брусиловский А. Д. Загадка лунного носителя Н-1 // Фундаментальные и прикладные проблемы космонавтики. 2001. № 4*) оказались, к сожалению, аварийными.

Это не помешало получить ряд важных результатов, относящихся к первой ступени. Была подтверждена правильность динамической схемы корпуса как сложной пространственной дискретно-континуальной системы с большим числом отсеков, частично заполненных жидкостью.

Технические решения, в значительной своей части оригинальные, заложенные как в конструкцию носителя (ДУСы, демпферы колебаний жидкости в баках), так и в СУ, позволили полностью исключить динамическую неустойчивости в плоскостях тангажа и рыскания. Полностью оправдала себя гибкая программа управления, о которой говорилось выше. Однако выявились и определенные просчеты, речь о которых пойдет ниже.

Первый пуск (№ 3-л) состоялся 21.02.1969 г. Он кончился аварией на 69-й секунде полета вследствие пожара в хвостовом отсеке.

Тяжелейшая авария произошла при втором пуске (3.07.1969 г.): через несколько секунд после старта произошло вследствие ложной команды бортовой автоматики выключение всех двигателей блока А. Заправленная на 100 % ракета рухнула на стартовое сооружение и полностью его уничтожила. На его восстановление потребовалось два года.

При третьем запуске (№ 6-л, 27.06.1971 г.) отчетливо проявился возмущающий момент в канале крена порядка 40 тм, на порядок превысивший расчетный, что послужило непосредственной причиной очередной аварии: был превышен допустимый угол крена, что привело к аварийному отключению системы управления.

Важно отметить, что ничего подобного при первом запуске (№ 3-л) не наблюдалось. Особенностью того пуска, также кончившегося аварией, но уже по другой причине, было то, что он с самого начала проходил при двух выключенных двигателях, расположенных на противоположных концах диаметра. Только недавно удалось установить, что этот факт сыграл тогда благоприятную роль.

Обстоятельства, связанные с аварией Н-1 № 6-л, подробно описаны в книге *Чертюк Б.Е. Ракеты и люди. Лунная гонка*. М.: Машиностроение, 1999. Как выяснилось, появление мощного возмущающего момента при запуске № 6-л объяснялось закруткой системы струй, вытекающих из сопел 24 периферийных ЖРД, вокруг продольной оси ракеты (для создания зафиксированного в полете момента относительно этой оси достаточно отклонения всех струй в тангенциальном направлении всего на 0,1 градуса).

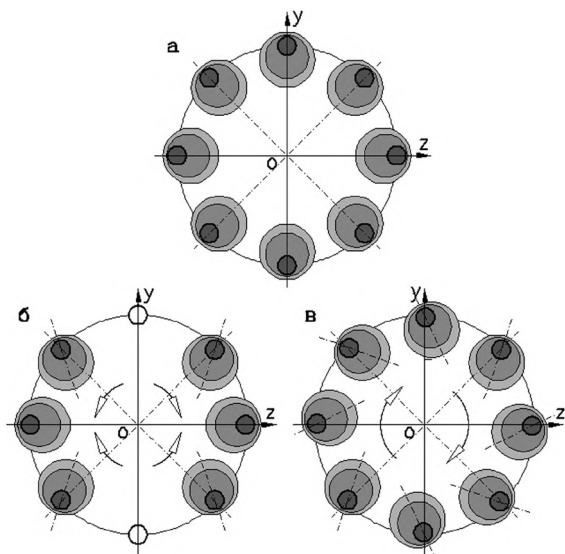
Как закрутку струй, так и соответствующий возмущающий момент удалось воспроизвести экспериментально в ЦНИИМаш с помощью уникальной сверхзвуковой трубы У-11 на модели, выполненной в масштабе 1:50. Соответствующий комплекс исследований был проведен Владиленом Хатулевым, Борисом Кирнасовым, Виталием Кислых и Анатолием Сырчиным. Однако сама причина того, что закрутка струй имела место при пуске № 6-л, но отсутствовала при пуске № 3-л, оставалась неясной.

Анализируя результаты этих пусков по прошествии многих лет с использованием разработанной мной сравнительно простой математической модели, я обнаружил интересный факт, связанный с конфигурацией системы струй, различные варианты которой показаны схематически на примере 8 ЖРД на рисунке.

Эта модель представляет собой совокупность стержней, заменяющих струи периферийных двигателей, связанных с днищем упругими сферическими шарнирами, а между собой — пружинами.

жинами с отрицательной жесткостью. Упругие шарниры моделируют «жесткость» струи, сопротивляющейся попыткам повернуть ее относительно оси сопла, а «квазипружины» — силы притяжения между струями, возникающие в силу теоремы Бернулли (см. рисунок).

Проведенный анализ позволил объяснить картину, наблюдавшуюся при пусках № 3-л и 6-л (Рабинович Б.И. О возмущении в канале крена ракеты-носителя при кольцевом расположении ЖРД // Полет. 2006. № 6).



Конфигурация кольцевой системы струй: *a* — регулярная симметрия; *б* — две плоскости симметрии; *в* — винтовая симметрия

Оказалось, что при наличии сплошной цепочки работающих ЖРД, конфигурация струй, обладающая регулярной симметрией (*a* на рисунке) неустойчива, а устойчива конфигурация с винтовой симметрией (*в* на рисунке, подобная Шуховской башне на Шаболовке), порождающая большой возмущающий момент. С другой стороны, при наличии разрыва этой цепочки из-за выключения двух противоположащих ЖРД, наоборот, неустойчивой оказывается конфигурация *в*, а устойчивой симметричная конфигурация *б*, при которой возмущающий момент отсутствует.

При первом пуске (№ 3-л) имела место конфигурация струй, соответствующая рисунку *б*, а при третьем пуске

(№ 6-л) — соответствующая рисунку 6, явившаяся непосредственной причиной потери устойчивости по крену. Последняя ситуация заслуживает более подробного рассмотрения. Грубая оценка показывает, что возмущающий момент по крену достиг 40 тсм, что примерно на порядок превышало максимальный предполагаемый момент управляющих двигателей.

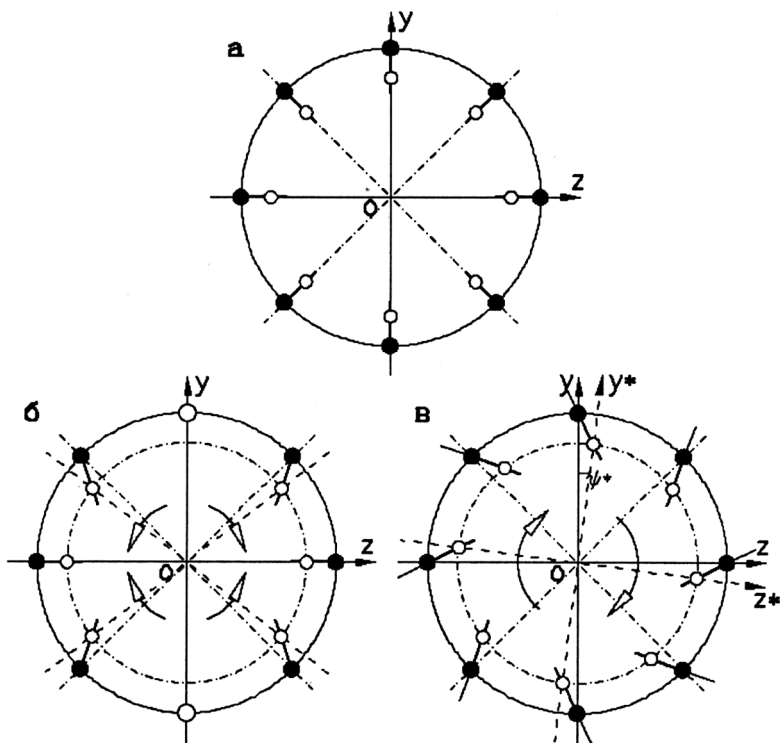
Пониманию возникшей ситуации, по-видимому, может способствовать следующая аналогия. Представим себе костяшки домино, поставленные вплотную вертикально вдоль дуги окружности. Толкнем теперь одну из них в тангенциальном направлении. При этом через короткое время все костяшки наклонятся вдоль дуги окружности, так что система перейдет в новое состояние равновесия с винтовой симметрией, которое будет устойчивым, так как соответствует минимуму потенциальной энергии.

В то же время при наличии симметричных разрывов в цепочке ситуация соответствует падению костяшек по обе стороны разрыва навстречу друг другу, так что устойчивой оказывается смежная форма равновесия с двумя плоскостями симметрии.

— *Б. И., изложенная Вами теория выглядит очень изящно и свидетельствует о возможности объяснить в некоторых случаях весьма сложные явления с помощью простых моделей. Однако как в нее вписывается отсутствие проблемы устойчивости по крену на «Сатурне-5», как, впрочем, и на «Протоне», с их четырьмя и шестью периферийными маршевыми двигателями на первой ступени, соответственно?*

— А. Д., это, конечно, «вопрос на засып». Тем не менее, я попытаюсь на него ответить. По-видимому, тут играют роль два обстоятельства. Первое — это значительно меньший возмущающий момент, связанный с существенно меньшим, чем у Н-1, расстоянием от оси носителя до осей сопел периферийных двигателей и с наличием расположенного близко к ним центрального двигателя. Этот факт приводит к тому, что струи периферийных двигателей отклоняются не в тангенциальном направлении, а одновременно «притягиваются» к струе центрального двигателя, что дополнительно уменьшает примерно вдвое плечо возмущающего момента. Правда, у Н-1, на блоке А, имеется группа из 6 центральных двигателей, но все они расположены далеко от периферийных, что исключает возможность их взаимного влияния.

Второе — это несравненно больший запас управляемости за счет поворота мощных маршевых двигателей. Думаю, что весь секрет заключается в сочетании упомянутых двух факторов, причем именно второй из них играет решающую роль.



Механическая модель системы струй: *a* — регулярная симметрия; *б* — две плоскости симметрии; *в* — винтовая симметрия

Обратимся теперь к печальному заключительному аккорду в многолетней истории носителя Н-1. Краткое изложение технических и (увы, сыгравших решающую роль) далеких от техники аспектов имевшей место аварийной ситуации можно найти в статьях *Гладкий. В. Ф.* Последний старт ракеты Н-1 //Неделя в Подлипках. 12.09.1997. № 53 (230); 19.09.1997. № 55 (232).

Речь пойдет о продольных колебаниях корпуса в конце активного участка первой ступени, наблюдавшихся при последнем (четвертом) запуске (№ 7-л, 23.11.1972), которые, по-видимому, явились косвенной причиной взрыва одного из двигателей, повлекшего за собой аварию.

Итак, до 107-й секунды полета первой ступени полет проходил нормально, если не считать незатухающих продольных колебаний корпуса и давления в камерах сгорания маршевых

двигателей, проявившихся, начиная приблизительно с 50-й секунды полета. Эта картина не претерпела принципиальных изменений после выключения 6 центральных двигателей.

На 107-й секунде произошел взрыв одного из ЖРД, что привело к практически мгновенному разрушению конструкции корпуса. Основные усилия многочисленных комиссий, расследовавших эту аварию, были направлены на то, чтобы установить, были ли причиной взрыва продольные колебания корпуса или взрыв произошел совершенно независимо от них вследствие производственного дефекта двигателя.

Разобраться в природе этих колебаний, в частности, не являются ли они проявлением явления **POGO**, доставившего столько хлопот нашим коллегам в США, мог бы помочь запуск Н-1 № 8-л, но он, к сожалению, не состоялся — программа Н-1 была закрыта, а истинная причина последней аварии так и осталась не выясненной.

Вот как звучало особое заключение, составленное для Л. И. Брежнева по инициативе В. П. Мишина и Н. Д. Кузнецова (цитирую по статье Виктора Федотовича Гладкого в газете «Неделя в Подлипках» от 19.09.1997): *«Авария произошла вследствие колебаний конструкции, сопровождавшихся дополнительными знакопеременными нагрузками, действующими на трубопроводы, узлы ракеты, двигатели и их агрегаты в конце установленного ресурса, что могло привести к последующему их разрушению...»*

Виктор Федотович сопроводил этот текст следующим комментарием: *«Так что логически из указанного заключения вытекала необходимость либо полностью устранить продольные колебания конструкции ракеты, что практически являлось неосуществимым, либо выбросить ее, поскольку для сооружения стенда для ее динамических испытаний требовалось больше пяти лет».*

Именно это заключение явилось юридической основой для закрытия программы. Никаких выводов о причинах возникновения колебаний, сыгравших столь драматическую роль в истории Н-1, в нем не содержится. Политбюро своим постановлением от 19 мая 1974 года прекратило все работы по Н-1.

Можно ли на этом поставить точку? Мне представляется, что нельзя, поскольку существовали материалы, позволяющие внести некоторые уточнения в интерпретацию динамических процессов, зафиксированных телеметрией при этом запуске. Действительно, ни в одном из документов, которые цитирует В. Ф. Гладкий, не прослеживается никакой попытки объяснить физическую природу незатухающих продольных колебаний, фактически наблюдавшихся в течение всей второй половины ак-

тивного участка полета первой ступени Н-1 № 7-л, не имевших ничего общего с переходным процессом, связанным с выключением 6 центральных двигателей. Между тем эти колебания заслуживают серьезного внимания.

Чтобы попытаться их адекватно интерпретировать вернемся снова к фактам, которые сейчас, к сожалению, не представляется возможным ни проверить, ни подвергнуть более тщательному анализу.

По данным некоторых датчиков продольной перегрузки, расположенных вблизи головного блока, колебания носили следующий характер: частота их составляла порядка 6...7 Гц, будучи близкой к частоте первого тона собственных продольных колебаний корпуса, а амплитуда постепенно возрастала: на 70-й секунде она составляла примерно 0,3g, а в момент взрыва двигателя на 107-й секунде — 0,6g. **Неправда ли, это как две капли воды похоже на колебания типа POGO, наблюдавшиеся в конце полета первой ступени на ракете «Сатурн-5» AS-502 (см. выше)?**

Есть, однако, одно принципиальное отличие. На AS-502 эти колебания имели место в области активного участка полета, в которой частота первого тона собственных продольных колебаний корпуса оказалась близкой к частоте собственных колебаний жидкости в магистралях окислителя (5 Гц до врезки в них, начиная с AS-503, гидроаккумуляторов). На Н-1 № 7-л аналогичные колебания корпуса были зафиксированы, несмотря на снижение, как и на AS-503, частоты собственных колебаний жидкости в этих магистралях в результате врезки в магистраль окислителя «анти-POGO» устройств, о которых я говорил.

Напомню, что скрупулезные расчеты, проведенные в свое время независимо в ОКБ-1, НИИ ТП и ЦНИИМаш, учитывавшие наличие этих устройств, привели к однозначному выводу об устойчивости замкнутой системы корпус – жидкость в магистралях – ЖРД на протяжении всего времени полета первой ступени ракеты. Тем не менее, случилось то, что случилось...

Я попытаюсь изложить собственную теорию, позволяющую приблизиться к объяснению этого кажущегося парадокса.

Во-первых, в отличие от ЖРД F-1 открытой схемы первой ступени ракеты «Сатурн-5», на первой ступени Н-1 были применены более совершенные ЖРД 11Д51 замкнутой схемы, с дожиганием генераторного газа в камере сгорания. Последние, обладая большой динамичностью, в принципе могли создавать ситуацию, исключаящую возможность стабилизации замкнутой системы традиционными методами, при которой неустойчивость развивается на частоте собственных колебаний корпуса, а не на близкой к ней частоте системы корпус – жидкость в магистрали.

Во-вторых, при всех расчетах устойчивости, проведенных независимо в трех организациях, использовалась для описания динамики ЖРД одна и та же теоретическая математическая модель, не обладавшая, по-видимому, достаточной точностью, которая особенно необходима, когда имеешь дело с такой сложной динамической системой, как двигатель замкнутой схемы. Это, надо полагать, и явилось «ахиллесовой пятой» «анти-РОГО» мероприятий, реализованных на блоке А.

— *Честно говоря, мне не очень ясно, как могло получиться, что некоторые отличия теоретической математической модели двигателя от модели, структура и параметры которой могли быть уточнены по данным стендовых огневых испытаний, могли привести к столь катастрофическим последствиям. Не могли бы Вы пояснить, в чем тут дело.*

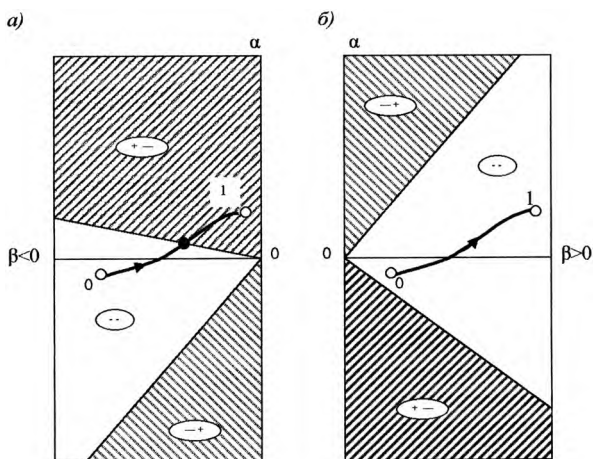
— Попытаюсь сделать это, но мне придется несколько отойти от демократического стиля нашей беседы, свободного от уравнений и формул, и прибегнуть к помощи некоторых элементарных формул, а также использовать материалы статьи Рабинович Б. И., Гришин А. В. Магнитогазродинамический элемент в задаче обеспечения устойчивости продольных колебаний жидкостной ракеты-носителя // Полет. 2001. № 5.

Динамические характеристики корпуса и магистрали окислителя, влияющие на устойчивость замкнутой системы корпус – магистраль – двигатель, определяются некоторыми параметрами α и $\beta = \omega_q^2 / \omega_s^2 - 1$, где ω_q и ω_s — доминантные частоты собственных продольных колебаний корпуса и столба жидкости в магистрали. Динамические характеристики двигателя на данной частоте (приращение тяги по отношению к приращению давления на входе в насос окислителя) определяются значениями его амплитудночастотной $A(\omega)$ и синуса фазочастотной характеристики $\sin \varphi(\omega)$.

Параметры корпуса и магистрали α и β изменяются по времени на активном участке траектории, причем β монотонно возрастает, параметры двигателя остаются постоянными; значения параметров α , β и $\sin \varphi(\omega)$ могут быть как положительными, так и отрицательными, тогда как параметр $A(\omega)$ всегда положительный. Говорят, что в случае $\sin \varphi(\omega) > 0$ имеет место фазовое опережение на частоте ω , в случае $\sin \varphi(\omega) < 0$ — фазовое запаздывание. Области устойчивости замкнутой системы имеют особенно простую конфигурацию в плоскости параметров (β, α) . Линии состояния системы в этой плоскости — это геометрическое место точек, соответствующих параметрам α , β в произвольный момент безразмерного времени τ , изменяющегося в пределах от 0 до 1.

ЖРД с фазовым запаздыванием. Стандартная ситуация в случае ЖРД с фазовым запаздыванием на рабочих частотах

представлена на рисунке *a*. Знак «-» соответствует неустойчивому корню характеристического уравнения, знак «+» — устойчивому корню. Устойчивости соответствуют незаштрихованные области; неустойчивости — заштрихованные; штриховке под углом $+45^\circ$ — неустойчивости на частоте ω_q ; под углом -45° — неустойчивости на частоте ω_s .



Области устойчивости и неустойчивости (РОГО) в случае ЖРД с фазовым запаздыванием: *a* — без конструктивной доработки; *б* — с гидроаккумулятором

Линия состояния, начинающаяся в области устойчивости, пересекает в некоторой точке ее границу и попадает в область неустойчивости на частоте ω_q (как правило, это бывает при приближении возрастающей частоты ω_q к ω_s). Такая картина характерна практически для всех отечественных и американских носителей, о которых говорилось выше, включая «Сатурн-5» AS-502.

На рисунке *б* представлена картина после снижения частоты собственных колебаний жидкости в магистрали с помощью гидроаккумулятора (в случае «Сатурна-5», начиная с AS-503, с 5 до 2 Гц). Как видно, таким способом удалось добиться того, что линия состояния оказывается на всем протяжении глубоко в области устойчивости, что делает систему мало чувствительной к погрешностям математической модели и к технологическим и эксплуатационным разбросам параметров системы.

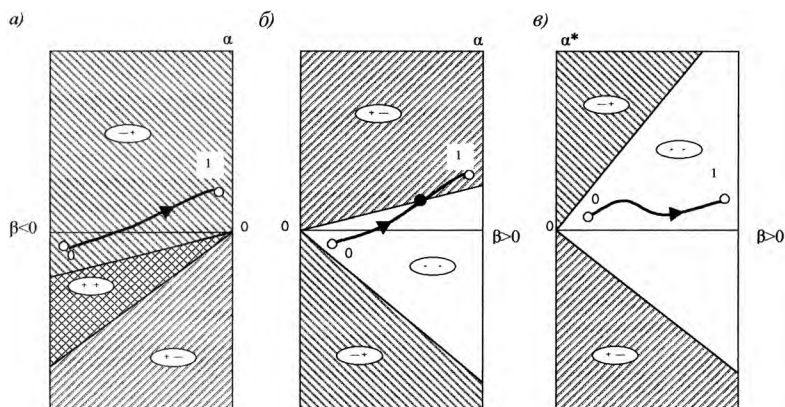
Такой метод неоднократно с успехом применялся как в отечественной, так и в зарубежной практике. Поэтому не удивительно, что это оказывало определенное гипнотическое воздействие на

разработчиков «анти-РОГО» мероприятий на Н-1. Однако в случае ЖРД с фазовым опережением на рабочих частотах генезис неустойчивости является иным.

ЖРД с фазовым опережением. Предположим теперь, что ЖРД обладает высокой динамичностью, так что в области рабочих частот имеет место опережение по фазе. Этот случай, как видно из рисунка *а*, является исключительно неблагоприятным в смысле устойчивости. Типичная линия состояния системы полностью лежит в области неустойчивости на частоте ω_s .

Если ограничиться применением гидроаккумулятора, то это приведет к появлению наиболее опасной формы неустойчивости — на частоте собственных продольных колебаний корпуса ω_q (рисунок *б*)!

Одним из вариантов решения проблемы в этой ситуации является дополнительное мероприятие: резкое повышение коэффициента демпфирования упругих колебаний корпуса, приводящее к полной ликвидации неустойчивости (рисунок *в*).



Области устойчивости и неустойчивости (РОГО) в случае ЖРД с фазовым опережением: *а* — без конструктивной доработки; *б* — с гидроаккумулятором — демпфером; *в* — то же, с дополнительным демпфером упругих колебаний корпуса

Вернемся к аварийному пуску Н-1 № 7-л. Если предположить, что расчетная частота нуль-фазы была несколько смещена, так что реальная фазочастотная характеристика двигателей 11Д51 блока А имела в окрестности частоты собственных продольных колебаний корпуса фазовое опережение, а не запаздывание, как теоретическая характеристика, то продольные колебания, зафиксированные на последней трети активного участка полета, довольно естественно вписываются в эту схему...

Высказанные соображения не имеют, конечно, доказательной силы и не претендуют на исчерпывающее объяснение истинных причин произошедшей аварии Н-1 № 7-л, поскольку нет возможности подтвердить их реальными частотными характеристиками двигателя 11Д51, но позволяют попытаться ответить на следующий вопрос.

Допустим, что в результате более объективного «разбора полета» Н-1 № 7-л подтвердилась бы гипотеза РОГО, обоснованная выше. Что следовало делать в этом случае? Не могу согласиться с В. Ф. Гладким, что пришлось бы создавать стенд для натурных динамических испытаний изделия в целом, потратив на это 5 лет. Можно было бы ограничиться доработкой стенда для получения частотных характеристик одного двигателя 11Д51 по каналам давления на входе в насосы О и Г — тяга.

Одновременно следовало бы, используя идею С. Л. Цыфанского (см. выше), разработать упруговязкие демпферы продольных колебаний между стыковочными шпангоутами отдельных блоков и (или) в узлах подвески сферических баков к шлюзовым шпангоутам, включив их, по-видимому, в термомости. Думаю, что на этом пути удалось бы получить решение задачи в разумные сроки и с возможностью отработки на имевшихся конструктивно-подобных моделях, созданных в ЦНИИМаш, в сочетании с математическим моделированием. Напомню, что для разработки (и отработки) конструктивных «анти РОГО» мероприятий на первой ступени «Сатурна-5» американцам пришлось задержать испытания больше, чем на полгода.

Какой же вывод можно сделать в конечном счете, суммируя сказанное выше обо всех четырех аварийных пусках? Этот вывод однозначен. Наличие десятков маршевых двигателей и высокая динамичность последних, обусловленная беспрецедентная схемой создания управляющих моментов путем перераспределения тяг, в сочетании со сложностью конструктивно-компоновочной схемы носителя, требовали значительно более высокого уровня наземной отработки, чем имел место...

Утешением может служить тот факт, что негативный опыт, связанный с Н-1, явился одним из факторов, позволивших блестяще справиться через два десятилетия с созданием носителя «Энергия» для уникальной системы «Энергия – Буран», речь о которой у нас еще впереди.



Немного об аналоговых и дискретных системах управления. Человек и его «Конкурент № 1». У осьминога все есть

— Б. И., на протяжении нашей беседы Вы неоднократно говорили о проблемах

устойчивости различных объектов РКТ, как сложных деформируемых систем со многими степенями свободы. При этом вопрос о системах автоматического управления в плоскостях стабилизации до сих пор оставался «за кадром». Нельзя ли в заключение сказать об этом несколько слов? В частности, в чем смысл перехода от аналоговых систем к дискретным?

— Я до сих пор не касался этого аспекта проблемы, так как не считаю себя авторитетом в области управления. Поэтому ограничусь только некоторыми общими соображениями, которые заимствую из своей монографии «Прикладные задачи устойчивости стабилизированных объектов». Начну с длинной цитаты из книги И. Акимушкина «Приматы моря»:

— У кого еще есть восемь (или десять) мускулистых рук, а на руках когти и сотни присосок, хищный клюв и яд; глаза зоркие, как у орла, и инфракрасное зрение; реактивный двигатель и умение парить над морем; запас воды за пазухой для путешествия по суше; автономия и регенерация оторванных щупалец; дымовая завеса, чернильный «козел отпущения» и наркотик для хищных рыб; самый совершенный в мире камуфляж; огнеметы, прожекторы и опознавательные огни?..

Все сказанное относится к осьминогу, который может служить хорошей моделью биологической системы с аналоговым регулятором. Мы имеем здесь высокосовершенные чувствительные элементы (датчики, доставляющие информацию об окружающей среде) и не менее совершенные исполнительные элементы: щупальцы, выполняющие целенаправленные действия, специальные хроматофоры, содержащие разноцветный пигмент, конфигурация которых меняется на основе командных сигналов, поступающих от датчиков, и т. д. (Как пишет Акимушкин, «У осьминога все есть!»)

Одной из особенностей таких систем является непрерывная ответная реакция на информацию, поступившую в данный момент, а также большая степень автономии отдельных подсистем. Последнее обеспечивает высокую надежность системы в целом, особенно, если учесть обширное резервирование каждой из подсистем.

Отмеченные особенности характерны для аналоговых систем управления, что обеспечивало им в течение длительного времени широкое распространение в технике.

Более тщательный анализ показывает, что «система управления» у осьминога еще более совершенна, чем это следует из ее многофункциональности, о которой шла речь. Дело в том, что осьминог обладает развитым головным мозгом, берущим на себя определенные дополнительные функции в этой системе. В результате совершенство его системы управления является

столь высоким, что дало повод к появлению в одном из популярных изданий статьи под интригующим названием «Конкурент № 1?» (имелся в виду осьминог как конкурент человека в эволюционном процессе).

И все же у «осьминожьей» системы есть «ахиллесова пята», лишаящая ее обладателя права на роль «Конкурента № 1» для человека. И дело тут не в том, что в мозге осьминога сто пятьдесят миллионов нервных клеток против многих миллиардов у человека.

Секрет заключается в разобщенности подсистем, составляющих сложную систему, упомянутую выше, то есть — в отсутствии у головного мозга осьминога развитой коры, играющей у человека роль «центрального процессора».

Вот что пишет об этом, ссылаясь на специальные экспериментальные исследования, Ю. Астафьев в своей книге «С глазу на глаз с осьминогом» (М.: Мысль, 1981): *«Загадку удалось разрешить, когда стали искать запоминающее место в мозгу осьминога. Ответ получился неожиданным. Оказалось, что у осьминога нет специальной надстройки (развитой коры), стоящей над всем мозгом и служащей для высшей нервной деятельности, а есть несколько отдельных надстроек, связанных с отдельными органами чувств. Над зрением — своя запоминающая надстройка. Если ее удалить, зрение и простые рефлексы останутся, но чему-либо научиться с помощью глаз он не сможет. В то же время такая операция не затронет его способности запоминать шершавое и гладкое. Над этими чувствами — своя запоминающая надстройка...»*

Таким образом, на роль «Конкурента № 1» скорее может претендовать интеллеktуал моря дельфин с его развитой корой головного мозга и способностями к внутривидовому общению, но и у него есть своя «ахиллесова пята»: отсутствие многоцелевых «исполнительных элементов».

Не углубляясь дальше в этот престижный аспект проблемы, остановлюсь на принципе «сигнал – реакция», реализуемом в системах с аналоговыми регуляторами. «Мгновенная» реакция системы на поступающий сигнал вовсе не означает, что при этом не учитывается история и тенденции в развитии событий. Соответствующая информация получается благодаря наличию в контуре переработки входного сигнала интегрирующих и дифференцирующих звеньев.

Однако возможность судить о «прошлом» и «будущем» лимитируется числом повторных интегрирований и дифференцирований, допускающих аппаратную реализацию без существенного искажения сигнала. Увеличение этого числа наталкивается на большие технические трудности, усугубляемые

недостаточной стабильностью элементов аналоговых систем стабилизации и разбросом их параметров.

Отсюда — сложность обеспечения устойчивости замкнутой системы объект – регулятор при неполном составе информации, поступающей на ее вход (недостаточное количество наблюдаемых обобщенных координат). Именно такая ситуация имеет место в случае объектов РКТ. Примерами ненаблюдаемых координат являются координаты, характеризующие положение свободной поверхности компонентов жидкого топлива в баках и упругие деформации элементов конструкции.

В этом случае практически невозможно компенсировать эту неполноту информации никакой более точной информацией об изменении во времени каждой из наблюдаемых координат, если оставаться в рамках алгоритмов стабилизации традиционной структуры.

С другой стороны, даже в более простых случаях конструирование командного сигнала, поступающего на исполнительные элементы системы управления, гарантирующего сочетание точности с помехозащищенностью, подразумевает необходимость вычисления производных все более высокого порядка, а иногда — и многократных интегрирований. Конкретная задача создания такого фильтра высокого порядка, построенного на аналоговых принципах, может оказаться неразрешимой.

Эти проблемы, включая реализацию наиболее сложных алгоритмов, могут быть решены при переходе к дискретным системам управления, реализуемым с помощью бортовых цифровых вычислительных машин, (БЦВМ), включенных в контур управления. Это обстоятельство и высокая стабильность и надежность элементной базы определили их повсеместное применение на современных объектах РКТ.

Именно БЦВМ играет роль центрального процессора, которого лишен осьминог и аналоговые системы управления. Здесь мы имеем альтернативный вариант, но и он бесконечно далек по своим возможностям от человеческого мозга.

Наиболее мощные современные компьютеры уже приближаются по своему быстродействию к человеческому мозгу, но режим такого мультипрограммирования, в котором работает человеческий мозг, им пока не доступен, как и способность к эвристическому мышлению.

Имеется еще одно важное обстоятельство. Человек, как сложная интеллектуальная система, имеет, кроме «центрального процессора» огромное количество подсистем со своими датчиками, «микроспроцессорами» и исполнительными элементами — органов чувств, работающих не только в автономном режиме (как у осьминога), но и в соответствии с командами

центрального процессора. Примером такой удивительной системы, перерабатывающей с фантастической чувствительностью огромные потоки информации является человеческий глаз, который может различить один квант света! Некоторые современные системы управления, применяемые в робототехнике, уже имеют подобную структуру.

Однако вернусь к дискретным системам управления объектами РКТ. Оригинальный алгоритм «управления с моделью», ориентированный на БЦВМ, был предложен Игорем Сидоровым. Разработанная им общая теория таких алгоритмов лежала в русле нового направления в теории автоматического регулирования. «Управление с моделью» позволяет решить чисто алгоритмическим путем целый ряд проблем, связанных с паразитным влиянием на устойчивость замкнутой системы объект – регулятор как подвижности жидкости, так и упругости элементов конструкции корпуса.

Этот алгоритм, адаптированный к реальной БЦВМ благодаря совместным усилиям И. Сидорова и разработчиков СУ из КБЭ, был применен в системе управления одного из объектов КБ М.К. Янгеля, и отлично проявил себя при летных испытаниях. Аналогичный алгоритм рассматривался в качестве одного из альтернативных вариантов разработчиками СУ второй ступени Н-1 (блока Б).

Впоследствии основные результаты, полученные Сидоровым и его сотрудниками, были опубликованы в монографии *Сидоров И. М., Гончарова Л. Е., Лебедев В. Г. Управление движущимися объектами на основе алгоритма с моделью*. М.: Машиностроение, 1981.

— *Б. И., Вы подробно рассказали о величии и падении ключевого элемента отечественной программы пилотируемых полетов к Луне, носителе Н-1. Давайте подведем итоги и вернемся к вопросу, с которого начали. Так в чем же, в конечном счете, заключается, на Ваш взгляд, причина полного провала этой амбициозной программы в целом?*

— Я могу изложить на этот счет свою личную точку зрения, ни в коем случае не претендуя на истину в конечной инстанции. Для этого мне снова придется обратиться к сравнению отечественной лунной программы и лунной программы США. Но теперь речь пойдет уже не только о носителях Н-1 и «Сатурн-5», но о комплексах Н-1 – ЛЗ и «Сатурн – Аполлон» в целом. При этом целесообразно начать с последнего комплекса.

Однако прежде чем говорить об этих комплексах, я хочу процитировать два абзаца из заметки ветерана РКК «Энергия» Е. Марченко в газете «Город науки» № 53 от 15 мая 2008 года «Инженерная ошибка» академика С.П. Королева:

«...Любую, даже самую правдивую информацию, надо осмысленно анализировать и грамотно понимать. Иначе становятся возможными версии, подобные той, которую предложил для объяснения провала Лунной программы СССР Генеральный директор ГосНИИ авиационных систем академик Е. А. Федосов в книге „Полвека в авиации“ („Дрофа“, 2004):

„Королёв занимался созданием ракеты Н-1, очень мощного носителя, однако в нем с самого начала была заложена порочная идеология. По технологическим причинам трудно было сделать жидкостной ракетный двигатель (ЖРД) с большой тягой, и поэтому Королёв отдал предпочтение **двигателю с единой камерой сгорания, но со многими соплами**. В этом и заключалась инженерная ошибка. Когда при горении плазма вытекает из сопел, то невозможно добиться равномерности этого процесса, поскольку неизбежно возникает флуктуационная составляющая, дающая переменную нагрузку на днище камеры сгорания. А расчет был сделан на груз, который бы обеспечивал полет к Луне, посадку там и возвращение на Землю. Тогда наши конструкторы мыслили **прямое „прилунение“**, а значит, требовалась ракета, способная **поднять очень большой вес**“.

Не буду приводить комментарии Марченко, которые можно описать двумя знаками: ?!. От собственных комментариев также воздержусь. О фактическом положении дел с двигателями Н-1 я уже подробно говорил, что касается всего остального, то вернусь к этому вопросу несколько позже, но начну с американской программы.

О комплексе «Сатурн – Аполлон»

Программа доставки человека на Луну и возвращения его на Землю была объявлена президентом США Джоном Кеннеди национальной программой Соединенных Штатов. Появление этой программы было целиком и полностью связано с феноменальным успехом Советского Союза в космосе — запуском на околоземную орбиту первого человека — Юрия Гагарина. Этот факт поставил под сомнение техническое лидерство Соединенных Штатов, пошатнувшееся после запуска в СССР первого искусственного спутника Земли и нанес осязаемый удар по личному престижу молодого и амбициозного президента Джона Кеннеди. Программа высадки человека на Луну стала для Кеннеди вопросом личного престижа, как лидера страны, способной обогнать СССР в космической гонке. В этом заключалась суть его знаменитого выступления в конгрессе США 25 мая 1961 года. Все остальное — только красивые слова. Судите сами. Вот дословный перевод:

«Я полагаю, что наша страна должна взять на себя обязательство достигнуть до конца этого десятилетия цели, которая заключается в высадке человека на Луну и благополучном возвращении его на Землю. Ни один космический проект не будет в этот период более впечатляющим для человечества, или более значимым для долгосрочной программы освоения космоса и ни один не будет столь труден и дорог в осуществлении».

Замечу, что ни в этом, ни в одном из последующих выступлений Кеннеди ни слова не говорится о каких-либо научных задачах этого проекта. Проект «Сатурн – Аполлон» был задуман как чисто политическая акция, на службу которой была поставлена вся мощь экономики Соединенных Штатов. Под проект с самого начала была выделена огромная по тому времени сумма денег: 13 миллиардов долларов. Общие затраты составили в конечном счете около 24 миллиардов долларов — на порядок больше, чем на весь Манхэттенский проект. Были задействованы тысячи фирм и сотни тысяч человек.

Общее руководство всем проектом было возложено на единственную (государственную) организацию (NASA), причем на всем протяжении проекта была обеспечена широкая гласность и контроль независимыми экспертами на каждом важном этапе. Именно эта организация разработала общую концепцию проекта и требования к отдельным подсистемам. NASA **выбрало** также (как правило, по конкурсу) среди ведущих фирм, обладавших громадным опытом, фирмы-разработчики и изготовители всех ступеней носителя, лунного модуля, системы управления, стартового комплекса, испытательных стендов и т. д.

Хотя при этом и не удалось полностью избежать лоббирования (при таких-то деньгах это было просто невозможно!), в выборе была проявлена большая гибкость, диктовавшаяся вполне объективными соображениями. Так, например, бортовой вычислительный комплекс, включавший командные приборы и весь комплекс навигационных программ, обеспечивающих независимый орбитальный контроль на участке полета между Землей и Луной, посадку на Луну, взлет с Луны и стыковку модулей на селеноцентрической орбите, был разработан в знаменитом Массачусеттском технологическом институте под руководством крупнейшего специалиста по гироскопам и управлению Л. Дрейпера. Важнейший пост в проекте, эквивалентный Главному конструктора носителя «Сатурн-5», занял директор Цента Космических Полетов им. Маршалла Вернер фон Браун.

Любопытно, что выбор лучших специалистов распространился не только на верхний эшелон разработчиков, но и на самый нижний, который старались комплектовать из категории «мастеров — золотые руки». Приведу типичный пример.

На предмет замещения должности оператора крана, предназначенного для установки на носитель, находящийся в вертикальном положении, корабля Аполлон, был объявлен конкурс. Условия были таковы: кандидат в крановщики должен был поднять краном 45-тонную болванку, заменявшую корабль, и опустить ее на стыковочную плоскость третьей ступени носителя так, чтобы коснуться яйца, лежащего на этой плоскости, но не раздавить его!

Из нескольких десятков претендентов был выбран один, сумевший выполнить эту ювелирную работу (надо сказать, что зарплата на завоеванной им должности соответствовала его искусству).

Наземной отработке всех систем, их комплексной проверке и поэтапной летной отработке было уделено исключительное внимание. В частности, для испытания двигателей были созданы огромные натурные стенды, включая стенд для испытания совместной работы пяти двигателей F-1 первой ступени «Сатурна-5», о котором я уже говорил раньше.

Два вспомогательных носителя, «Сатурн-1» и «Сатурн-1В» были специально созданы для автономной отработки 2-й и 3-й ступеней «Сатурна-5». Летная отработка каждой из этих ступеней проводилась независимо от первой ступени, с помощью упомянутых вспомогательных носителей. Большое внимание было при этом уделено динамике компонентов жидкого топлива, особенно — жидкого водорода при пребывании третьей ступени на околоземной орбите, перед повторным запуском двигателя.

Замечу, что при предварительных исследованиях колебаний жидкости в баках в процессе наземной отработки был использован оригинальный прием: жидкий водород моделировался огромным количеством легких шариков от пинг-понга!

Специальные запуски носителя «Сатурн-1В» были посвящены отработке стыковки взлетного (с Луны) и орбитального модулей, которая производилась экипажами на околоземной орбите. Первой посадке на Луну предшествовали пилотируемый облет Луны с выходом на расчетную селеноцентрическую орбиту и пилотируемый полет по полной программе, исключая посадку на Луну.

А теперь перехожу к самому главному. Вспомните, что я рассказывал о работах Е. А. Ананьева по исследованию боевой эффективности. Так вот, в основу проекта «Сатурн – Аполлон», по-существу, были заложены аналогичные принципы.

Во главу угла было положено выполнение поставленной задачи с максимальной надежностью. Это достигалось с помощью принципа многоуровневого обеспечения надежности, который заключается в следующем. Главные системы имели многократ-

ное функциональное резервирование, причем там, где это было возможно, применялось дублирование и троирование важнейших подсистем.

Максимум внимания был уделен повышению эксплуатационной надежности всех элементов отдельно взятых жизненно важных систем. Ради этого приносились в жертву весовые показатели. Так, все двигатели были многоразовыми в том смысле, что каждый проходил огневые испытания по полной программе перед тем, как занять свое место на ракете или лунном модуле. При этом был обеспечен ресурс их безаварийной работы, превышающий на порядок время работы в реальном полете, что, конечно, было достигнуто ценой увеличения массы и размеров двигателей.

Командные приборы проектировались с ресурсом, превышающим, по крайней мере, на два порядка планируемое время их работы, включая время стендовых испытаний. В ходе последних фиксировался реальный «уход» гироскопов, заносившийся в формуляр каждого прибора.

Об исключительном внимании к надежности говорит тот факт, что, когда на завершающей стадии разработки проекта был наложен категорический запрет на любые изменения в конструкторской документации; исключение делалось только для изменений, существенно повышающих надежность.

Не следует думать, что вся разработка проекта «Сатурн – Аполлон» протекала безоблачно. Были большие трудности политического, организационного и технического характера, подробно описанные, в частности, в книге *Piers Bizony. The man who ran the Moon. James E. Webb and the secret history of project Apollo.* Thunder's Mouth Press. N. Y., 2006. **Большие технические трудности** возникли уже на начальной стадии, при выборе принципиальной стратегии решения задачи, но это — особая история, к которой мы, может быть, еще вернемся.

Я уже рассказывал о явлении **POGO**, с которым столкнулись разработчики в начале летных испытаний носителя «Сатурн-5». Но еще до этого произошла при наземных испытаниях корабля «Аполлон Ю», **состыкованного с носителем «Сатурн-1В»**, трагедия, унесшая жизни трех членов экипажа: Эдварда Уайта, Вирджила Гриссома и Роджера Чаффи. Из-за короткого замыкания в кабине возник пожар, мгновенно принявший в атмосфере чистого кислорода катастрофический характер. Конструкция люка была такова, что, когда его успели открыть, было уже поздно — все три члена экипажа были мертвы...

Дальнейшие испытания пришлось задержать до завершения потребовавшихся серьезных конструктивных доработок. Надежность модифицированного с учетом всех выявленных дефектов комплекса «Аполлон – Сатурн» доказали последующие

8 успешных полетов кораблей Аполлон, включая 6 с высадкой астронавтов на Луну и возвращением их на Землю.

Как я уже говорил в ходе нашей беседы, глубокое функциональное резервирование выручало во всех случаях неисправности отдельных систем. Триумфом явился в этом смысле успешный выход из тяжелой аварийной ситуации, сложившейся на «Аполлоне XIII».

И, наконец, «*Although the last not least*», как представлял свою любимую младшую дочь, Корделию, король Лир. Говоря об общей концепции проекта, я пока остановился только на одной ее стороне — надежности. Перейдем теперь к формулировке «боевой задачи». Эта задача была, в конечном счете, сформулирована так:

- Выведение на круговую селеноцентрическую орбиту с высотой порядка 100 км над поверхностью Луны корабля с экипажем из трех человек.
- Посадка в заданную точку на поверхности Луны специального посадочного модуля с двумя из них.
- Взлет после заданного времени пребывания астронавтов на Луне и стыковку с остающимся на орбите модулем.
- Переход на орбиту возвращения к Земле.
- Вход в атмосферу по безопасной траектории и приводнение в окрестности заданной точки океана.

Расчеты показали, что для решения этой задачи необходимо вывести на околоземную орбиту массу порядка 125 т. Это число и вошло в техническое задание на разработку носителя «Сатурн-5» и именно оно определило выбор топлива и массогабаритные характеристики всех трех его ступеней и их конструктивно-компоновочную схему.

О комплексе Н-1 – ЛЗ

— А теперь посмотрим, на основе какой концепции и на основе какого технического задания разрабатывался отечественный лунный комплекс Н-1 – ЛЗ.

Когда в США развернулись работы по лунной экспедиции, в СССР было принято на правительственном уровне решение «*Опередить американцев*». В определенный момент был назван срок: «*Высадить советского человека на Луну к 50-летию Великой Октябрьской Революции*», то есть, в 1967 году. Нереальность этого срока была очевидна, тем более, что никакой национальной программы объявлено не было, и никакого наделенного соответствующими правами и полномочиями Государственного Заказчика не существовало. Фактически эта роль досталась в каком-то смысле министерству, которое не было освобождено от многочисленных оборонных заказов. Парадокс заключался в

том, что это министерство оказалось и Генеральным заказчиком и Ответственным исполнителем в одном лице.

Ни о гласности, ни о конкурсных проектах под единое техническое задание в этой ситуации не было и речи. Насколько мне известно, не было также никакой независимой экспертной оценки аванпроекта, предложенного единолично ОКБ-1. Во всяком случае, на экспертизу в НИИ-88 попал при мне уже фактически разработанный эскизный проект лунного комплекса Н-1 – ЛЗ, рассчитанный на высадку на поверхность Луны *одного* (!) космонавта.

Тем временем неожиданно появилось еще два проекта носителя, разработанные по собственной инициативе Главным конструктором М. К. Янгелем. и Генеральным конструктором В. Н. Челомеем. О первом проекте я ничего не помню, а второй (УР-700) был выполнен с целью прямой посадки, без перехода на селеноцентрическую орбиту. Это была та самая схема, от которой отказались американцы в пользу выведения корабля Аполлон на промежуточную селеноцентрическую орбиту из-за неимоверной потребной для прямой посадки на Луну начальной массы носителя.

В результате к дальнейшей проработке был принят, несмотря на особое мнение, содержавшееся в заключении НИИ-88, проект Н-1 – ЛЗ, но не потому, что он был лучшим, а потому, что к тому времени оказался наиболее далеко продвинутым. Возникает вопрос, как вообще появился этот проект, весьма уязвимый для критики, уже в силу того, что предусматривал высадку на Луну **только одного** (подчеркиваю) **космонавта?**

Ответ на него известен. В соответствующем «*Постановлении партии и правительства*» в качестве носителя фигурировала первоначальная версия носителя Н-1, разработанного к тому времени в общих чертах под руководством С. П. Королева, но совершенно для других целей. Это давало, хотя и призрачную, но все же — надежду — уложиться с лунной экспедицией в установленные, совершенно нереальные сроки.

На этом объекте была запроектирована, с учетом отказа В. П. Глушко разрабатывать мощные двигатели на жидком кислороде и керосине, установка на блоке А 24 двигателей, заказанных В. Н. Кузнецову, о которых уже шла речь. Никаких перспектив для лунной экспедиции, даже в минимальном ее варианте, это не сулило. Ценой героических усилий конструкторов и проектантов удалось увеличить проектное значение массы, выводимой на орбиту, что позволяло (по расчету) реализовать лунную экспедицию в составе двух космонавтов, с высадкой на Луну одного из них. Для этого, в частности, пришлось увеличить число двигателей блока А до 30.

Таким образом, вопреки логике и здравому смыслу, пришлось вместо разработки носителя под конкретную задачу лунного проекта, как это делали американцы, подгонять задачу под носитель, а из носителя выжимать все возможное, чтобы как-то ее решить.

Говорить об этом не очень приятно, даже спустя без малого столетия, но я решаюсь на это только потому, что никакой вины разработчиков в сложившейся ситуации не было, напротив — они делали все возможное в рамках сценария, навязанного им «сверху». Остальное было только следствием: отчаянная борьба с каждым лишним граммом веса и максимальное ускорение (а значит — сокращение) наземной отработки, ценой снижения надежности, как элементов, так и системы в целом.

За примерами недалеко ходить. Двигатель Н. Д. Кузнецова остается до сих пор практически непревзойденным по своим удельным параметрам среди двигателей своего класса (по тяге на единицу объема и на единицу массы). Плата за эти параметры — снижение надежности, о чем уже шла речь. Мало того, 11Д51 был двигателем одноразового действия, то есть ни один из конкретных двигателей, устанавливаемых на носитель, не проходил огневых испытаний в штатном режиме. Модифицированные двигатели, рассчитанные на повторный запуск, были установлены только на Н-1 № 8-л, но никогда не летали.

Другой пример: отказ от создания стенда для испытания в сборке всех 30 двигателей блока А. Какой ценой это было оплачено при втором запуске Н-1, я уже говорил. Об автономных летных испытаниях блоков Б и В речь даже не шла. Надо ли продолжать?

На определенном этапе стало ясно, что спасти положение могут только какие-то революционные решения. В качестве одного из возможных вариантов родилась «двухпусковая» концепция. Она заключалась в выведении на околоземную круговую орбиту двух блоков модифицированного корабля ЛЗ, который должен был собираться из них на орбите. Для этого требовалось два запуска Н-1. Такая стратегия обещала возможность организации полноценной экспедиции, позволявшей обойти американцев, если «не уменьем (сроками), то числом (космонавтов)».

Однако этот вариант был отвергнут, как слишком сложный и не позволявший уложиться в заданные (все равно — невыполнимые) сроки. Очень жаль, так как он казался весьма заманчивым...

— *Б. И., В чем причина такого разительного контраста с программой запуска первого искусственного спутника Земли и выведения на околоземную орбиту первого космонавта планеты — Юрия Гагарина?*

— Эта история, к счастью, развивалась по законам совсем другого жанра. И predeterminedено это было созданием ракеты Р-7, о поистине гениальной конструкции которой я уже говорил, но не могу не повторить этого еще раз. Заложенные в ней резервы оказались столь велики, что удалось создать на ее базе несчетное множество носителей, начиная со знаменитого Востока, доставившего в космос Юрия Гагарина, и кончая Союзом, который исправно «несет службу» и в наши дни, и продолжает модифицироваться, идя в ногу с веком.

Добавление к Р-7 третьей ступени с двигателем Главного конструктора С. А. Косберга и использование исключительно надежной тормозной двигательной установки (ТДУ) конструкции Главного конструктора А. М. Исаева позволило создать уникальный носитель Восток, способный вывести на околоземную орбиту не только искусственный спутник Земли, но и корабль «Восток» с человеком на борту и благополучно вернуть его на землю.

Таким образом, у разработчиков появился носитель, обладавший энергетическими характеристиками, находившимися в полном соответствии с массогабаритными показателями полезного груза. Мало того, базовая часть комплекса — баллистическая ракета Р-7 — успешно прошла летные испытания, в ходе которых были ликвидированы все «детские болезни», и поставлена на боевое дежурство. Ее высокая надежность, как ключевого элемента носителя Восток, не вызвала сомнений. В результате сложилась ситуация, исключительно благоприятная для будущих великих свершений.

Следующим важным обстоятельством явилось то, что корабль «Восток» создавался по инициативе С. П. Королева в весьма жесткие сроки, но предложенные им самим, а не под «Дамокловым мечем» прессинга «сверху», чего нельзя сказать о первом ИСЗ, который должен был опередить американский «Авангард», что и удалось.

Следует подчеркнуть, что ракета Р-7, в отличие от будущей Н-1, разрабатывалась, можно сказать, по «Ананьевскому принципу», то есть под вполне конкретную задачу: доставить в целости и сохранности заданный груз (назвать его «полезным» язык не поворачивается) на заданное межконтинентальное расстояние, причем масса груза (то есть — боеголовки со всей ее автоматикой) составляла, исходя из ТЗ заказчика + потребной массы теплозащиты, порядка 4,5 т.

Как говорится, *«Не было бы счастья, да несчастье помогло»*. Будь эти требования поскромнее, располагаемой массы полезного груза могло бы не хватить для оснащения ракеты Р-7 третьей ступенью, способной вывести на орбиту «Восток»!

Однако такой корабль еще предстояло создать, причем впервые в мире!

И здесь необходимо сказать о той огромной роли, которую сыграл в создании «Востока» недавно ушедший из жизни Константин Феоктистов и возглавлявшийся им небольшой коллектив проектантов, которых он сумел заразить своим энтузиазмом. Именно он представил на рассмотрение С. П. Королева проект, явившийся результатом их творческой работы, убедивший С. П. в реальной возможности послать человека в космос и благополучно вернуть его на землю. С. П. загорелся этой идеей, и ее реализация стала делом его жизни. Подробности этой героической эпопеи описаны в книге «Константин Феоктистов. Траектория жизни» М.: Вагриус, 2000.

Хотелось бы напомнить, что Феоктистов был не только фактическим автором проекта первого в мире пилотируемого космического корабля, но и первым разработчиком, совершившим на этом корабле космический полет в качестве инженера-исследователя.

Наконец, важнейшую роль сыграл железный принцип, установленный С. П. Королевым: запуск корабля с человеком на борту мог быть осуществлен только после контрольного полета корабля с манекеном при полностью выполненной при этом полете штатной программе. Таким образом, полету Гагарина предшествовало несколько «пристрелочных» полетов, включая полеты с «друзьями человека» — собачками.

Этот принцип по прошествии времени начал постепенно размываться, а при полете Владимира Комарова на новом корабле «Салют», имевшем место уже после кончины Королева, был грубо нарушен: предыдущий запуск корабля без экипажа не был полностью успешным. Результатом явилась гибель из-за отказа парашютной системы одного из лучших представителей отряда космонавтов — Владимира Комарова. Все обстоятельства этой трагедии и детальный анализ ее причин описал в своей книге Борис Евсеевич Черток.

Я ответил, как мог, на Ваш вопрос о разительном контрасте между историями «Востока» и комплекса Н-1 – Л3.

— *Б. И., давайте вернемся к Вашему коллективу, с которым связаны многие научные и технические свершения, о которых у нас шла речь. Не могли бы Вы особо выделить еще кого-либо из членов этого коллектива?*

— Это сложный вопрос, потому что каждый имел свои достоинства, каждый «выполнял свой маневр» и мы вместе составляли одну команду. О некоторых из участников наших работ я уже говорил, о некоторых сказать не успел, — надеюсь, они меня простят. Расскажу подробнее об одном из наиболее ярких пред-

ставителей нашего коллектива, которого, увы, уже нет в живых. Я имею в виду Виктора Рогового.

Виктор Роговой

Витя был исключительно одарен от природы. Он блестяще закончил Московский физико-технический институт и был зачислен в аспирантуру, которую проходил в НИИ-88, в нашем отделе. Я был его научным руководителем.

Меня всегда поражало редкое сочетание его глубоких знаний во всех областях математического анализа и механики с очень высокими творческими потенциями. Он часто находил совершенно неожиданные оригинальные решения сложных задач математической физики. Упомяну, в частности, очень элегантное решение задачи о движении маловязкой жидкости в баке с учетом вихреобразования на кромках внутренних ребер, которое ему удалось получить. Дальнейшим развитием этой работы и ее обобщением на проблему вихревых токов в высокоэлектропроводных ферромагнетиках был наш совместный труд, выполненный уже после моего ухода из НИИ-88.

Особо следует сказать о замечательной задаче о движении быстро вращающегося твердого тела с полостью, целиком заполненной идеальной жидкостью. Ему впервые удалось получить полное, причем вполне строгое, решение этой задачи без каких-либо упрощающих априорных предположений о характере возмущенного движения, в отличие от классических работ С. Л. Соболева, А. Ю. Ишлинского и М. Е. Темченко, которые я упоминал, рассказывая о Киевском периоде своей жизни. Это решение было опубликовано им совместно с Романом Рваловым в журнале «Известия АН СССР, Механика твердого тела».

К сожалению, Витя при всех своих талантах, а может быть именно благодаря их наличию, был очень неорганизованным человеком. Наиболее гениальные свои открытия он делал, просиживая ночь напролет и выпивая дюжину чашек крепкого кофе. Витя, имевший, учитывая совокупность его научных трудов, все права на ученую степень доктора физико-математических наук и прочие научные отличия, не удосужился защитить даже кандидатскую диссертацию.

Ему было просто скучно заниматься всякой формальной возней, неизбежно сопутствующей получению ученых степеней и званий. Его все время влекли новые задачи. При этом научные интересы Вити не ограничивались механикой. Он, как бы играючи, получал очень интересные результаты в области математической лингвистики, математических аспектов искусствovedения и во многих других областях, не имевших никакого отношения к его прямой специальности.

Однажды он, исправив какую-то ошибку в своих выкладках, которую долго искал, сформулировал под настроение, испытывая чувство глубокого удовлетворения, теорему, которая вошла потом надолго в устный эпос отдела как «Теорема Рогового»: *«Если все будешь делать правильно, то получишь правильный результат».*

Я иногда пытался проводить с ним «воспитательную работу», чтобы внести хоть какую-то организованность в его научную и ненаучную жизнь. Однако должен признать, что эти попытки не имели успеха. Витя со всем соглашался, каялся и с обезоруживающей улыбкой обещал исправиться. Дальше все шло своим чередом. Сердиться на него было просто невозможно.

Вот, например, такая зарисовка с натуры. Конец квартала. Нужно закончить, отпечатать, подписать у директора и переплести кучу отчетов. Все сотрудники работают в авральном режиме. Витя занят какой-то очередной авантюрной деятельностью. Правда, его отчет каким-то образом оказывается в последний момент готовым и даже подписанным (О, великая сила женщин, начиная с «машбарышень» и кончая могущественным секретарем директора Анной Григорьевной!). Но ведь отчет не переплетен! Далее следует такой диалог:

Я: — *Витя, Вы же нас режете без ножа! Ведь в переплетной лежит, по меньшей мере, дюжина отчетов с резолюцией Юрия Александровича «переплести срочно!!».* Не будет переплетен и сдан в соответствующие инстанции Ваш отчет — погорит квартальная премия всего отдела!

Витя: — *Не волнуйтесь, Борис Исаакович, все будет в порядке.*

Остается только махнуть рукой. Через час Витя появляется со всеми нужными переплетенными экземплярами отчета в руках.

Я: — *Поразительно! Как Вам это удалось?*

Витя: (скромно потупив очи долу) — *Все дело в уважении. Миша (начальник переплетной мастерской) меня уважает, и переплел мой отчет вне всякой очереди, отложив все остальные вместе с директорскими резолюциями. Правда, я обычно в таких случаях ставлю ему потом бутылку, но тоже исключительно из уважения — никакой прямой связи между этими событиями нет.*

Вообще Витя был обаятельным и остроумным человеком, доброжелательным и отзывчивым — любимцем своих многочисленных друзей и просто многих людей, с кем сталкивала его судьба, особенно представительниц лучшей половины человечества. Кроме того, он отличался определенной авантюрной жилкой, тягой к разным приключениям. Часто это приносило ему новые и иногда совершенно нестандартные знакомства. Вот один из эпизодов его многогранной жизни еще физтеховского периода, который он мне как-то поведал.

С несколькими своими коллегами по Физтеху он отправился во время летних студенческих каникул, как было тогда принято, на заработки куда-то в Забайкалье или Уссурийский край. Закончив там свою «шабашку», команда распалась, и все возвращались домой в автономном режиме. Витя с одним или двумя товарищами выбрали длинный путь, который привел их после очередного пешего перехода в какую-то деревушку, где им пришлось заночевать.

Выделив интуитивно один из «справных домов», они попросились на постой. Домовладельцем оказался мужчина в годах, стройный и подтянутый, интеллигентного вида, представившийся учителем местной сельской школы.

Витя и К^о были приняты с гостеприимством, традиционным и по сию пору по ту сторону Уральского хребта. За столом им молча прислуживала миловидная молодая женщина (предположительно эвенка или бурятка), которая была представлена как жена. За стол с хозяином и гостями она не садилась. Когда было выпито столько, сколько положено под экологически чистую закуску, и еще чуть-чуть, дело дошло до расспросов, кто есть кто и откуда.

Придал разговору новый поворот Витя, от внимательного взора которого не ускользнуло обилие на самодельных деревянных полках книг на английском, немецком и французском языках (быстро обнаружилось, что хозяин свободно ими владеет) по истории, философии и иным предметам. Это мало соответствовало образу сельского учителя, как, впрочем, и его прекрасный русский язык.

Так вот на вопрос типа *«Кто же Вы такой, доктор Зорге?»* интеллигентный учитель довольно буднично ответил, что он в прошлом — беглый зек. В отличие от обычного контингента зек в лагере, где он «отматывал» длительный срок, доставшийся ему вместо «вышки», так как его посадили еще в демократический для «органов» период, он, между прочим, чистокровный англичанин, был настоящим шпионом — участником известного заговора Локкарта.

Когда после многих лет пребывания в лагере произошла очередная пролонгация его срока, он решил бежать, поскольку выбирать приходилось между гарантированной смертью в лагере и почти гарантированной в тайге. В конце концов ему удалось совершить побег, и он наверняка бы погиб, если бы не она (он показал на жену). Именно она, тогда еще девчонка, случайно нашла его в тайге, лежавшего без сознания и умиравшего от голода.

Она его выходила и выхлопотала, одной ей ведомыми средствами, *«Для геолога, отбившегося от своей партии, ограбленного*

бандитами и брошенного в тайге», какую-то бумажку взамен пропавших документов, естественно на чужую фамилию. Все это потребовало многих месяцев, на протяжении которых он существовал полуподпольно. Потом эту бумажку удалось потихоньку обменять на паспорт. С тех пор прошло очень много лет. Бывший зек («в миру» — «геолог») легализовался под новой фамилией, учителствует, любит своих учеников (своих детей у них нет), к нему привыкли, ученики его обожают, жители уважают и ценят.

На Большую землю, к цивилизации, его давно уже не тянет, на родину, в Англию — тем более, а книги, которые он постепенно приобрел, не привлекая внимания, — это и есть его Большой Мир. На вопрос, не боится ли он, что его рано или поздно разоблачат, он ответил, что не боится. Те, кто мог бы его искать, давно исчезли в таких же лагерях, а у их преемников — другие заботы. Такие настырные люди как инспектор Жавер (см. историю Жана Вальжана, описанную Виктором Гюго), здесь не водятся. «Ну, а мы?» «Вы стучать не будете — я достаточно разбираюсь в людях, чтобы это понимать. Ну, а если бы и вздумали, никто вам не поверит: мало ли что люди болтают по пьянке». Такая вот история...

— А. Б. До моего пятидесятилетия Витя не дожил... В моей памяти февраль далекого 1980-го. За праздничным столом мои близкие друзья, собравшиеся поздравить меня с 40-летием. В центре компании искрящийся, излучающий флюиды добра и счастья Витя. И я получаю от него в подарок экспромт, оказавшийся пророческим — в ближайшие же годы жизнь моя кардинальным образом изменилась, и я познал такие ее грани и бездну, о существовании которых вряд ли мог даже подозревать. Вот этот экспромт:

*«Я вспоминаю Сашу в тридцать —
Весь в суете, за бездной дел,
Что можно жить и веселиться,
Он это как-то проглядел.*

*Но счастья миг всегда нам дорог,
Я поднимаю свой бокал,
Я пью за то, чтоб Саша в сорок
Все безусловно наверстал.*

*Итак, дерзай, не стой на месте,
И кинь на мир широкий взгляд —
А мы порадуемся вместе,
И вместе выпьем в пятьдесят!»*

В. Роговой

— Б. И., после этой печальной истории мне следовало бы переключиться на другую тему. Хочу все же задать еще один вопрос, связанный с Вашим коллективом. Что Вы скажете о прекрасной половине человечества, которая была достаточно широко в нем представлена?

— Скажу, что я уже перечислял наших сотрудниц, которых Вы сами прекрасно знаете. Добавлю только то, что они были не только умными и красивыми, но и отличались ответственным, я бы даже сказал — фанатичным — отношением к своему делу. С двумя из них мне довелось совместно работать уже после моего ухода из НИИ-88 (ЦНИИМаш), и о них — можно чуть подробнее. Я имею в виду Анну Калинину и Викторию Прохоренко.

Аню я упоминал в связи с работой, связанной с проблемой РОГО. О нашей с ней работе в организации, которая называлась ТЭМП (Транспорт электромагнитный, пассажирский), я расскажу позже.

А сейчас — несколько слов о Вике, которая, как я уже говорил, перешла на работу в наш отдел, как и Аня, из Вычислительного центра. Судьбе было угодно, чтобы со временем она заняла большое место в моей жизни, став после кончины Наталии Алексеевны моей гражданской супругой.

Однако — об истории моего приобщения к совершенно неведомой мне в ту пору науке — программированию. История эта началась с моего решения самостоятельно изучить алгоритмический язык АЛГОЛ, чтобы увлечь личным примером своих уважаемых сотрудников. Так вот, роль консультанта в реализации этой моей затеи сыграла Вика.

Сейчас очень трудно себе представить тот факт, что все программирование в описываемое время велось, по крайней мере, в нашей могучей организации, в машинном коде (применительно к ЭВМ БЭСМ-6, которыми был оснащен наш ВЦ). Этому сопутствовали все прелести давно уже забытой работы с перфокартами. Первым языком высокого уровня, который только начинал в то время пробивать себе дорогу, был как раз АЛГОЛ, который я уже упоминал, говоря о начале моей работы в НИИ-88.

Приняв «судьбоносное», как выяснилось много лет спустя, решение, я захватил с собой, отправившись в очередной отпуск, «Официальное описание языка АЛГОЛ». Моя дремучесть была такова, что я даже не подозревал о существовании версии АЛГОЛа для публикаций, описанной в различных учебных пособиях. Поэтому я начал с усердием, достойным лучшего применения, прогрызаться сквозь «Официальное описание». Термин «Тело процедуры», если учесть, что процесс самообразования

проходил на сочинском пляже, вызвал во мне по контрасту с окружающей средой противоречивые чувства, близкие к панике, а «Транслятор» представлялся мне чем-то вроде ящика размером с холодильник, заполненного загадочной аппаратурой.

Тем не менее, я упорно трудился. И мои труды увенчались, в конце концов, успехом: я вернулся домой с гордым сознанием, что постиг недосыгаемую прежде премудрость. Будущее показало, что я немного погорячился. Это обнаружилось, когда я привлек Вику в качестве консультанта и предъявил ей на экспертизу первую написанную мной на АЛГОЛе *работающую* программу (вычисление экспоненциальной функции путем разложения ее в ряд Тейлора).

Реакция просвещенного консультанта была довольно быстрой и звучала так: *«Какая смешная программа, странно, что она работает!»* Дальше дело, правда, пошло лучше, и я начал составлять довольно сложные программы и даже брать для тренировки подряды на программирование у своих сотрудников, но тот фальстарт я вспоминаю до сих пор.

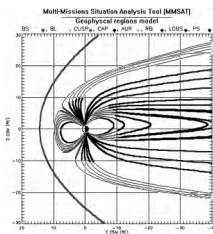
Роль упомянутого консультанта в моем становлении как, пусть, третьеразрядного, но все же — программиста, трудно переоценить. Однако в результате я твердо усвоил справедливость применительно к программированию высказывания одного из персонажей знаменитого произведения Ярослава Гашека: *«Дайте ему (новобранцу — будущему храброму солдату Швейку) ложку хины, чтобы он не подумал, что военная служба — это мед».*

В конечном счете, задача приобщения широкой массы молодых ученых к новому для них делу была выполнена, и все же с программированием мне самому пришлось расстаться — надо было делать выбор между этой «хиной» и всей прочей деятельностью, и я его сделал не в пользу «хины», хотя все прочее также оказалось довольно далеким от «меда».

При каком-то очередном сюжетном повороте Вика перешла на работу в отдел Павла Ефимовича Эльясберга, в ИКИ РАН, где мы снова встретились много лет спустя, и, вот уже который год работаем вместе в отделе Рауиля Рауильевича Назирова, сменившего на этом посту ушедшего из жизни Павла Ефимовича.

В ИКИ Вика получила более широкие возможности для проявления творческой инициативы, чем в ЦНИИМаш, которыми весьма успешно воспользовалась. Если Вы желаете узнать подробности, то можете спросить ее об этом сами, благо она в данный момент находится неподалеку.

— *Виктория Ивановна, так как же развивались события после Вашего ухода из ЦНИИМаш и в какой степени Вам пригодился опыт, накопленный за время работы в коллективе, который возглавлял Б. И.?*



Немного о космической баллистике

— В ЦНИИМаш в последнее время я работала в секторе Игоря Сидорова, который закончил мехмат МГУ на год позже меня, в 1958 году. Мне импонировала нестандартность его мышления и умение находить нестандартные подходы к решению разнообразных задач. Но самой трудной для меня науке, умению излагать свои мысли,

я училась у Бориса Исааковича, который всегда был для меня недостижимым идеалом. Я с благодарностью вспоминаю годы нашей совместной работы в ЦНИИМаш. Надо сказать, что спустя много лет нам довелось снова встретиться Игорем Михайловичем и Борисом Исааковичем, уже в ИКИ.

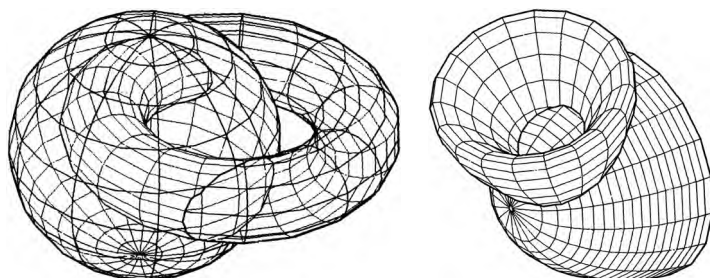
В отдел ИКИ, руководимый Павлом Ефимовичем Эльясбергом (в дальнейшем П. Е.), я пришла в конце 1968. П. Е. поставил передо мной задачу написать на языке ФОРТРАН универсальную программу расчета движения ИСЗ (и навигационных параметров вдоль орбиты), обладающую определенными свойствами адаптивности к особенностям движения различных спутников

Первое описание программного комплекса (ПК) «Орбита» появилось в 1976 году (препринт ИКИ РАН Пр-263), но функционировать этот комплекс начал значительно раньше, а потом получил широкое распространение, как у нас в стране, так и за рубежом.

А тогда большая работа по обслуживанию различных научных экспериментов легла на небольшой коллектив под руководством Б. В. Кугаенко, в который, кроме меня, входила Лена Чистякова. Освободившись, благодаря Лене, от рутинной деятельности, я могла заниматься развитием и совершенствованием ПК «Орбита». Этот комплекс программ проявил черты долгожителя, адаптируясь к новым задачам, ГОСТам, современным моделям движения спутников и моделям околоземного космического пространства, обрастая программами графической визуализации, продолжает функционировать, и по сей день пользуется спросом.

В работе мне очень помогает компьютерная графика, в освоении которой определенную роль сыграло мое знакомство в восьмидесятые годы с сотрудниками Б. И. Рабиновича в организации, в которую он перешел из ЦНИИМаш. Перечисляю их имена по алфавиту: Р. И. Ашкинази, А. В. Калинина, В. С. Неварко, А. Б. Николаев, Г. И. Ренжин, Е. Г. Соколин, Ю. В. Тюрин. Особенно тесно мы сотрудничали с Юрой Тюриным и Лешей Николаевым, которые оказали мне большую помощь в освоении методов машинной графики. Образцы работы Леши Николаева

представлены на двух следующих рисунках. Вторая картинка показывает взаимное положение Земной магнитопаузы и орбиты ИСЗ типа «Прогноз» (точнее образуемого этой орбитой годового орбитального тора).



В 1978 году П. Е. поручил мне заниматься спутниками серии «Прогноз». К тому времени, начиная с 1972 года, было запущено 6 спутников этой серии, и готовился старт ИСЗ «Прогноз-7». С этими высокоапогейными спутниками (имеющими начальные значения высот перигея — 800 км, а апогея — 200 тыс. км) было связано много интересных задач. Основным фактором, определяющими эволюцию этих орбит, являются гравитационные возмущения со стороны Луны и Солнца. Это был прекрасный полигон для приложения и проверки результатов М. Л. Лидова, опубликованных в 1961 году в статье, ставшей классической. В этой статье описана эволюция орбит спутников планет под влиянием гравитационных возмущений от третьего тела и показано, что орбиты спутников с большим наклоном к плоскости орбиты возмущающего тела обречены на соударение с центральным телом.

Время существования высокоапогейных спутников под влиянием гравитационных возмущений от Луны и Солнца определяется эволюцией радиуса перигея при постоянном значении большой полуоси. Адекватный выбор начальных значений аргумента перигея и его радиуса обеспечивает возрастание последнего до некоторой максимальной величины, не превосходящей величину большой полуоси, за которым следует его убывание. Если в процессе своего убывания радиус перигея достигает значения меньшего (или равного) радиуса Земли, то спутник входит в плотные слои атмосферы и соударяется с Землей. Этим и определяется время баллистического существования спутника.

В начале 1981 года, когда был только что запущен на орбиту спутник «Прогноз-8», П. Е. передал мне рисунок, сделанный в Чешском Астрономическом Институте. На этом рисунке на шкале времени от 1972 по 1985 год было весьма наглядно пред-

ставлено время существования всей серии спутников серии «Прогноз» (от № 1 до № 7), а также прогноз времени существования спутника «Прогноз-8». Все эти спутники рано или поздно заканчивали свое баллистическое существование соударением с Землей. Видя, как у меня загорелись глаза, П. Е. сказал: «Хотите заняться проблемой баллистического существования спутников? Учтите, это очень трудная задача».

Действительно, задача выбора долгоживущих орбит ИСЗ меня очень заинтересовала, но всерьез заняться ею мне пришлось только спустя двадцать лет, когда П. Е. уже не было в живых, а в то время меня поглощала модная тогда область исследований, которая называлась «ситуационный анализ».

В качестве объектов ситуационного анализа рассматривались модели исследуемых областей космического пространства и модели движения ИСЗ. Задачей ситуационного анализа являлось исследование взаимного положения эволюционирующих орбит ИСЗ и изучаемых областей. Интересным объектам ситуационного анализа стала модель магнитосферы Земли, а областью приложения - эксперименты на борту ИСЗ «Прогноз-7, -8», проекты ИНТЕРШОК, ИНТЕРБОЛ. Участвуя в этих проектах, я между делом в 1989 году защитила кандидатскую диссертацию на тему: «Применение ситуационного анализа орбит ИСЗ при планировании экспериментов космической физики».

Некоторые результаты ситуационных исследований были описаны в препринте ИКИ РАН «Ситуационный анализ Хвостового и Аврорального зондов в проекте ИНТЕРБОЛ» (Пр-1037, 1985). Этот препринт стал библиографической редкостью, хотя и претерпел два издания и был переведен на английский язык в Канаде и на французский во Франции. Результаты этих исследований послужили основой для выбора орбит международного проекта ИНТЕРБОЛ, полетная стадия которого началась в 1995 году.

Мои отношения с экспериментаторами складывались непросто. Однажды я пришла к П. Е. с просьбой помочь мне преодолеть очередное «сопротивление» заказчиков. П. Е. мне сказал: «Я свой авторитет зарабатывал сам, вот и Вы зарабатывайте сами». Но все-таки он мне помог, согласившись представить материалы моих исследований по выбору орбит проекта ИНТЕРБОЛ на заседании совета ИНТЕРКОСМОС, проходившем в Зале отбраживания ИКИ. Свой доклад он начал словами: «Все, что я буду рассказывать, сделала В. И. Прохоренко, но она стесняется докладывать, а я не стесняюсь, и буду рассказывать ее результаты».

Незадолго до запуска на орбиту первого из спутников проекта ИНТЕРБОЛ, высокоапогейного спутника серии Прогноз (№ 12), в ИКИ РАН, благодаря усилиям Равиля Равильевича

Назирова, стал функционировать Интернет. На сервере ИКИ сразу был открыт сайт проекта ИНТЕРБОЛ, мы были готовы к этому событию и очень скоро начали помещать на этот сайт орбитальную информацию. Когда работа по навигационному обеспечению проекта ИНТЕРБОЛ была, в основном, налажена, поддержку и эксплуатацию этих программ взяла на себя Надежда Павловна Беляева, и делала это четко, со свойственным ей педантизмом.

Только тогда у меня появилась возможность практически заняться проблемой времени баллистического существования ИСЗ. А Павла Ефимовича с нами уже не было...

Мое возвращение к этой проблеме совпало с завершением к 2000 году времени баллистического существования спутника «Хвостовой зонд» проекта ИНТЕРБОЛ, и руководству проекта очень хотелось найти способ спасти этот спутник от его неизбежного соударения с Землей, используя двигатели ориентации и остатки топлива. Но из этой затеи ничего не вышло, и тогда всем как-то сразу стало понятно, что для пассивной орбиты время баллистического существования определяется начальными значениями орбитальных элементов, соответствующими моменту выхода спутника на его орбиту.

Итак, задача о времени баллистического существования спутника на его орбите сводится к исследованию многообразий начальных условий, приводящих (или не приводящих) к соударению спутника с планетой в спутниковом варианте двукратно-осредненной ограниченной задачи трех тел.

Для начала, я обратилась к более внимательному изучению работ М. Л. Лидова, с которыми ранее была знакома лишь поверхностно, и уже к 2001–2002 годам в журнале *Космические исследования* были опубликованы 4 статьи, содержащие некоторые результаты исследований в намеченном направлении, а итоговой стала публикация: *Прохоренко В. И.* Об условиях пересечения орбиты спутника с поверхностью центрального тела конечного радиуса в двукратно осредненной ограниченной задаче трех тел // *Тр. Математич. ин-та им. В. А. Стеклова. М.: Наука. 2007. Т. 259* (том, посвященный 70-летию со дня рождения академика Владимира Игоревича Арнольда).

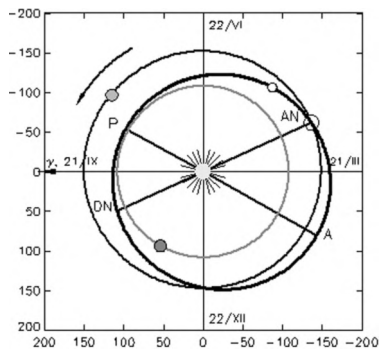
Естественным продолжением этой работы стало исследование проблемы баллистического существования спутников в смешанной задаче, с учетом возмущений, обусловленных сжатием планеты и третьим телом. Это исследование привело к введению понятия планетоцентрической гравитационной сферы доминирующего влияния возмущений от сжатия планеты над возмущениями от внешних тел и к выявлению особенностей эволюции орбит внутри и вне этой сферы. В настоящее время по этой

тематике приняты к публикации две работы: *Прохоренко В. И.* Об условиях пересечения орбит спутников с поверхностью планеты под влиянием гравитационных возмущений (журн. «Функциональный анализ и другая математика») и *Прохоренко В. И.* Планетоцентрическая гравитационная сфера доминирующего влияния возмущений от сжатия планеты над возмущениями от внешних тел (журн. *Космические исследования*).

Еще к одной интересной и актуальной тематике, связанной с астероидной опасностью, мое внимание привлек Р.Р. Назиров. С его подачи я занялась качественными исследованиями относительного движения и тесных сближений двух космических тел, расположенных на близких, почти круговых орбитах. Постараюсь кратко описать постановку этой задачи и первые результаты.

В настоящее время в JPL Small-Body Database (<http://ssd.jpl.nasa.gov>) каталогизировано более 950 потенциально опасных объектов серии NEA поперечного размера более 150 м, орбиты которых проходят на расстоянии менее 7,2 млн км от орбиты Земли. В качестве примера рассмотрим один из таких объектов, открытый в 2004 году, астероид (99942) Апофис, тесное сближение которого с Землей ожидается в 2029 году. Этот астероид имеет размер в поперечнике около 270 м, массу около 43 млн т. Его орбита имеет большую полуось около 0,92 AU (AU – астрономическая единица, значение которой составляет 149,6 млн км, и равно среднему радиусу орбиты Земли). Эксцентриситет орбиты Апофиса составляет 0,19, наклонение к плоскости эклиптики — около $3,3^\circ$, аргумент перигелия $\omega = 126,386^\circ$, эклиптическая долгота восходящего узла $\Omega = 204,448^\circ$, орбитальный период $T = 0,8859$ года, синодический период $P = T/(T - 1) = 7,7656$ года (период одноименных конфигураций, в частности, период тесных сближений с Землей).

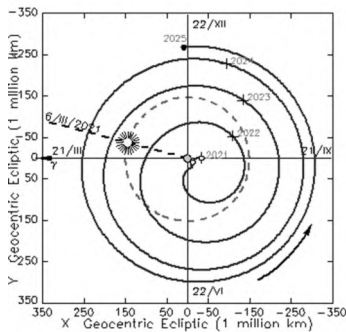
На первом рисунке показаны на плоскости эклиптики в гелиоцентрической системе координат NEI линией средней толщины — орбита Земли, утолщенной линией — проекция орбиты астероида, а самой тонкой линией — проекция орбиты Венеры. На орбите Апофиса отмечены точки перигелия (P), афелия (A), восходящего узла (AN), и нисходящего узла (DN). Точки P и DN лежат внутри орбиты



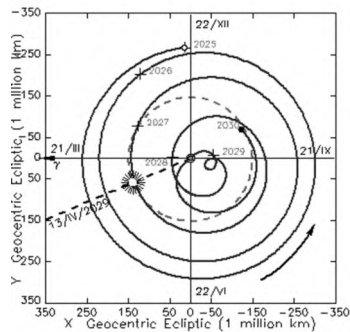
Земли, точка А — вне орбиты Земли, а точка AN — находится в показанной кружочком окрестности точки MOID (Minimum Orbit Intersection Distance), расстояние которой от орбиты Земли составляет около 24 000 км. Заметим, что значение MOID меньше радиуса $\rho_1 = 0,0062$ AU (930 000 км) «сферы действия Земли» в системе Земля – Солнце.

Учитывая, что Земля в своем орбитальном движении вокруг Солнца проходит через точку MOID между 13-м и 14-м апреля каждого года, именно вблизи этих дат могут происходить наиболее тесные и опасные сближения Апофиса с Землей.

Вторую точку пересечения с проекцией орбиты астероида Земля проходит в дату зимнего солнцестояния. В этой точке расстояние между орбитами (z-компонента) составляет более 10 млн км.



а



б

Для изучения движения астероида относительно неподвижной Земли используем геоцентрическую эклиптическую систему координат (GEI). Рассмотрим геоцентрическую траекторию астероида между двумя тесными сближениями с Землей, представленную на втором рисунке. Участок траектории от тесного сближения с Землей 6 марта 2021 года до максимального удаления от Земли 1 января 2025 года показан на рисунке (а), а участок от максимального удаления до очередного тесного сближения с Землей 13 апреля 2029 года — на рисунке (б). Первый участок траектории имеет вид развертывающейся спирали, второй — свертывающейся спирали. Начальная и конечная точки траектории Апофиса на рисунках отмечены светлым и темным кружками соответственно. Символом «+» отмечены точки, через которые проходит траектория астероида в разные годы 1 января. Штриховой утолщенной линией показана орбита Солнца

относительно Земли. Такими же линиями показаны лучи, указывающие мгновенное направление на Солнце в 00:00 UT даты тесных сближений.

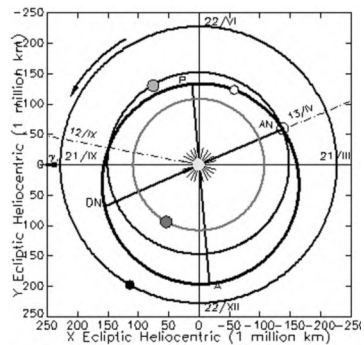
При тесном сближении с Землей 6 марта 2021 года траектория Апофиса проходит на расстоянии более чем в 10 раз превышающем радиус сферы действия Земли, показанной в виде тонированного геоцентрического круга в масштабе 10:1. При тесном сближении с Землей 13 апреля 2029 года траектория Апофиса пересекает сферу действия Земли и проходит на расстоянии около 38 тыс. км от центра Земли.

Тесные сближения с массивными телами: Венерой или Землей приводят к сильным гравитационным возмущениям орбиты Апофиса, практически «мгновенно» изменяя вектор скорости гелиоцентрического движения Апофиса. Это приводит к изменению орбитальных элементов Апофиса в гелиоцентрической системе координат. На третьем рисунке показана орбита астероида в гелиоцентрической системе координат после сближения 2029, построенная для средних орбитальных элементов номинальной орбиты эпохи 2030-Jan-1, 00:00 UTC, прогноз которых получен с помощью JPL Horizons On-Line Ephemeris System, исходя из начальных условий эпохи 2009-Jun-18, 00:00 UTC.

Наиболее существенным изменениям после сближения в 2029 года подвергаются следующие элементы орбиты Апофиса: большая полуось $\sim 1,1$ AU, аргумент перигелия $\omega \sim 71,35^\circ$, наклонение $\sim 2,2^\circ$, орбитальный период $T = 1,16$ года, синодический период $P = T/(T - 1) = 7,29$ года. Точка DN теперь лежит вне орбиты Земли, однако, точка MOID остается на месте, а вторая точка пересечения проекции орбиты Апофиса с орбитой Земли перемещается ближе к перигелию. Земля походит через эту точку 12 сентября на расстоянии около 3,5 млн км от орбиты Апофиса.

Судя по положению орбиты Апофиса относительно орбит Земли, Венеры и Марса, дальнейшее развитие событий будет определяться только тесными сближениями Апофиса с Землей. Каков же дальнейший прогноз опасных сближений после 2029 года?

Цикличность тесных сближений определяется значением синодического периода P . Возьмем в качестве точки отсчета t_0 дату тесного сближения 2029 года (вблизи точки MOID). Череда следующих тесных сближений будет



происходить в моменты времени, близкие к значениям $t_0 + nP$, при $n = 1, 2, \dots$. Но сближения этой серии происходят в разных точках орбиты Земли. Только при значении nP , достаточно близком к (ближайшему) целому числу, очередное сближение может оказаться вблизи той точки земной орбиты, от которой ведется отсчет серии. Таким свойством обладают значения $7P = 51,062$, $10P = 72,945$ и $17P = 124,007$. Исходя из этого, определяются годы, серии тесных сближений в окрестности точки MOID: 2080, 2102, 2153. Численные расчеты, полученные, исходя из модели слабо возмущенного движения астероида по номинальной орбите, дают даты и геоцентрические дистанции этих сближений: 9.IV.2080 — 9,86 млн км; 24.IV.2102 — 7,14 млн км; 15.IV.2153 — 3,28 млн км. Дальнейшие определения орбиты астероида Апофис, основанные на новых наблюдениях в годы, предшествующие тесному сближению 2029, позволят уточнить сроки его очередного опасного сближения с Землей.

Г.А. Тюлин и Ю.А. Можжорин

— В далекие 1945–1946 годы в поверженной Германии (в Тюрингии) были созданы институты «Нордхаузен» (во главе с генералом Львом Михайловичем Гайдуковым) и «Берлин» для изучения и утилизации трофейной немецкой ракетной техники. В их стенах встретились выпускник мехмата МГУ, боевой офицер подполковник Георгий Александрович Тюлин и выпускник ВВИА им. Н.Е. Жуковского инженер-капитан Юрий Александрович Можжорин (оба в будущем последовательно возглавят один и тот же головной институт Минобщемаши НИИ-88: первый в течение двух лет, второй — почти тридцатью), а Тюлин на долгие годы станет еще и первым заместителем министра. Вам пришлось довольно тесно с ними общаться. Какие штрихи, связанные с личными наблюдениями Вы внесли бы в портреты этих ярких личностей в отечественной ракетно-космической отрасли?

— Оба упомянутые Вами человека были действительно яркими личностями, внесшими весомый вклад в ракетно-космическую технику. Их фамилии не раз появлялись в ходе нашей беседы в связи с теми или иными конкретными событиями в этой технике, как правило, этапного характера.

О Георгии Александровиче и Юрии Александровиче уже много написано людьми, знавшими их намного лучше меня, однако я хотел бы поделиться некоторыми личными воспоминаниями, касающимися в основном чисто человеческих черт их обоих. Характеры этих людей были совершенно различными.

Если Г.А. имел ярко выраженный командный характер, то Ю.А. — выражаясь военным языком, скорее характер началь-

ника штаба. Первый иногда был очень резок, второй — всегда сдержан и ровен. Однако было в них и много общих черт. Оба были энциклопедически образованными специалистами, разбиравшимися во всех основных проблемах РКТ: аэромеханике, баллистике, динамике и управлении, конструкции, ЖРД, наземном оборудовании, командно-измерительном комплексе и т. д. и т. п.

Теперь таких специалистов уже нет. Все, даже лучшие профессионалы, знают, как правило, только свою область (нечто подобное произошло, например, и в механике: среди современного поколения ученых-механиков мало таких механиков-энциклопедистов, как А. Ю. Ишлинский, А. И. Лурье, Л. И. Седов). Г. А. и Ю. А. очень быстро схватывали суть вопроса в любой из областей РКТ и могли вести разговор на профессиональном уровне и с главными конструкторами, и с учеными, и с военными.

Наблюдая многократно их обоих, так сказать, в деле, как при беседах на профессиональные темы, так и во время различных высокоских совещаний, Ученых советов, заседаний Госкомиссий, я заметил, что Ю. А. больше интересуется конечный результат проведенного исследования, а Г. А. — также и сам процесс.

Нисколько не умаляя энциклопедические знания и способности Ю. А., должен сказать, что, как, мне кажется, интерес к самостоятельным исследованиям в областях, связанных с прикладной математикой и механикой, у Г. А. был выше (сказывался фундамент, полученный на мехмате и в аспирантуре МГУ). Я укрепился в этом мнении, встречаясь многократно с Г. А. после его возвращения из Минобщемаша в его *Alma mater* в качестве профессора. На меня большое впечатление произвели его исследования по динамике раскрытия парашюта, которыми он там одно время занимался.

Однако вернусь к тем качествам, которые, как мне кажется, были общими у Георгия Александровича и Юрия Александровича. Я бы еще выделил особо любознательность — неподдельный интерес к новым вещам и способность увлекаться новыми направлениями исследований и всячески их поддерживать. Особо ценным я считаю, что они всегда гордились успехами своих подчиненных и всячески подчеркивали и пропагандировали эти достижения, не забывая упомянуть авторов.

Несмотря на различие характеров, а иногда и манеры поведения в экстремальных ситуациях (а таковых было более чем достаточно, так как и у Г. А. и у Ю. А. довольно часто возникали проблемы с министром, главными конструкторами, военными), оба обладали железной волей и непреклонностью в проведении технической линии, которую они считали правильной. Как

правило, они добивались при этом успеха, но один Бог знает, скольких лет жизни это им стоило.

— А. Б. *Не могу удержаться от того, чтобы не привести две выдержки из интервью Юрия Александровича, которое он дал мне накануне своего 75-летия (Космонавтика и ракетостроение. ЦНИИМаши, 1996. № 8):*

— Когда меня назначили директором-техническим руководителем НИИ-88, то я, зная некоторую натянутость отношений между институтом и ОКБ-1 из-за дележа имущества и славы (ордена Ленина) при выделении ОКБ-1, решил наладить хорошие отношения между организациями. Сразу же поехал к Сергею Павловичу (Королеву. — А. Б.) на прием. Я представился и попросил его советов, как строить работу НИИ-88, чтобы наиболее полно отвечать потребностям ОКБ-1.

Он поздравил меня со столь высоким назначением и, приветливо улыбаясь, сказал: «Мне трудно давать тебе советы: я — лицо заинтересованное, но все же скажу — занимайся обстоятельно аэродинамикой и аэродинамическим нагревом, прочностью, динамикой, создавая хорошую измерительную аппаратуру для стендовых и летных испытаний. Разрабатывай новые конструкционные материалы и теплозащитные покрытия. Что же касается „жандармской“ деятельности института в оценке наших проектов и предложений, то вам — не конструкторам — этого не понять и не под силу сделать правильный выбор. Если институт все же будет заниматься подобными оценками, то он потеряет нашу поддержку, а тебе его директором больше двух лет не продержаться...»

— Я уже приводил эпизоды, иллюстрирующие сложность роли головной организации (НИИ-88. — А. Б.), когда практически по любому крупному вопросу имелось не менее двух полярных точек зрения. И каждая сторона считала себя правой, а институт для одной из них оказывался в положении необъективной стороны, поющей с чужого голоса.

Однако несмотря на суровую критику со всех сторон и вечные раздраженные несогласия, с угрозами снять директора с должности, я проработал, вернее, пробалансировал на лезвие ножа, директором ЦНИИМаши тридцать лет до законного ухода на пенсию в 70 лет перед началом обвальной «перестройки» науки и военно-промышленного комплекса. Я это объясняю тем, что Институт опирался не на желание угадать настроение начальства или какого-то любимого главного конструктора, а на твердые и обоснованные в результате исследований технические позиции и техническую принципиальность во всех случаях. С ними можно не соглашаться, спорить, но нельзя упрекнуть

Институт в непоследовательности или желании уловить в свои паруса нужный ветер.

Хотел бы подчеркнуть, что как Г. А., так и Ю. А. выступали в принципиальных вопросах общегосударственного характера единым фронтом, опираясь на очень солидный фундамент, включавший комплексные исследования, проводившиеся в НИИ-88. Последнее особо раздражало их оппонентов, которые часто могли противопоставить научно обоснованным заключениям и рекомендациям только эмоции и лозунги. Одним из примеров таких стратегических решений является отечественная система ракетного вооружения, обеспечившая на многие годы паритет ядерных сил с тогдашним потенциальным противником.

У Георгия Александровича и Юрия Александровича было много привлекательных чисто человеческих черт: полное отсутствие снобизма, верность слову, чувство юмора. Последним особенно отличался Ю. А. Чтобы не быть голословным, приведу несколько примеров.

Очередное ЧП. Сгорела на старте ракета, уничтожив заодно и стартовое сооружение. Причина очевидна — неправильно спроектированный пламеотражательный конус на стартовом столе. Соответствующий том проекта побывал в свое время на экспертизе в НИИ-88, и в заключении, утвержденном Можориным, черным по белому было написано, что расчет выполнен безграмотно и конструкция не работоспособна. Ю. А., держа в руках соответствующую бумагу во время «разбора полетов» говорит: *«Вот наше заключение. Как видите, бумага уже желтая как папирус из-за ее древности. Мы кричали «караул», но шепотом!»*

Еще эпизод. Идет какое-то совещание в узком кругу в кабинете Юрия Александровича. Докладывает (по вопросам, касающимся телеметрии) Надежда Павловна Щербакова, ответственный исполнитель важных и срочных работ. По тем или иным объективным причинам она не может уложиться в срок и по этому поводу пребывает в состоянии повышенной нервозности. Ю. А., внимательно выслушав ее нервный монолог, говорит успокоительно: *«Надежда Павловна, не переживайте так, все образуется. Вот посмотрите, Главный конструктор (следует имя, отчество и фамилия) не выполняет решения ЦК партии и Советского правительства и... водку пьет».*

Или такой монолог, связанный с предложением, которое Юрий Александрович сделал Павлу Ефимовичу Эльясбергу, о переходе после демобилизации на работу в НИИ-88. Процесс реализации этого предложения по вине Ю. А. сильно затянулся, и П. Е. воспользовался приглашением тогдашнего президента

АН СССР М. В. Келдыша и перешел в Институт космических исследований (ИКИ) АН СССР.

Ю. А. был всем этим сильно расстроен и поделился со мной своими печальями в такой форме: *«Знаешь, Борис, Павлик на меня, наверное, обиделся за то, что я ему долго не звонил. Но он не понимает, какое было время. Ведь троны шатались — неизвестно было, кто в какое кресло сядет!»* (а время было такое: только что был освобожден от своих обязанностей «по состоянию здоровья» «отец и благодетель» космической отрасли Никита Сергеевич Хрущев)...

Недавно в г. Королеве был установлен памятник Ю. А. Мозжорину. Это справедливая дань памяти человеку, внесшему большой вклад в развитие отечественной ракетно-космической техники. Хотел бы надеяться, что в обозримом будущем появится памятник Г. А. Тюлину, о котором я могу с полным правом сказать те же слова.

— В своей замечательной книге *«Пристрастие»* (М.: Аграф, 1997) академик Борис Раушенбах называет десятилетие, начиная с запуска первого ИСЗ, в деятельности ракетчиков *спортивно-романтическим (в Вашей жизни этот период связан с работой в НИИ-88). Ваш личный опыт подтверждает справедливость такой оценки, данной одним из выдающихся первопроходцев ракетно-космической отрасли?*

— Я согласен с Борисом Викторовичем в оценке этого периода. Для меня он, правда, начался несколько раньше, а фактически кончился в 1974 году, когда окончательно рухнули все надежды на продолжение или реанимацию нашего лунного проекта. Но если обратиться к годам, проведенным в НИИ-88, то это были лучшие годы моей жизни, наполненные интересной творческой работой в области, которую я давно для себя выбрал, принеся мне большое моральное удовлетворение, несмотря на все трудности.

Для меня это период был спортивно-романтическим и в буквальном смысле этого термина, поскольку я закончил вместе с некоторыми своими коллегами водолазную школу, размещавшуюся вблизи Алушты, и получил удостоверение инструктора подводного спорта. Мой друг и первый инструктор по *«deep diving»* Саша Кузьмичев делил все человечество на две неравные части: *«подводников»* и *«всех прочих»*. Получив упомянутый документ, я приобрел официальный статус принадлежности к соответствующей элитной части человечества. Со временем в моем удостоверении появились многочисленные записи, отмечавшие часы, проведенные под водой в различных водоемах нашей планеты; последняя из них была сделана в Австралии после погружения в районе Большого барьерного рифа.

— *Что Вы считаете основным вкладом в РКТ коллектива, который Вы возглавляли полтора десятилетия, и Вашим собственным?*

— Полагаю, что это — эффективное решение комплекса проблем динамики ракет с ЖРД и космических аппаратов, связанных с учетом подвижности компонентов жидкого топлива в баках и магистралях и упругости элементов конструкции корпуса. Под «решением» я понимаю доведение результатов теоретических исследований до инженерных рекомендаций, реализованных при разработке конкретных объектов, как в части конструкции корпуса и его элементов, так и в части систем управления (стабилизации).

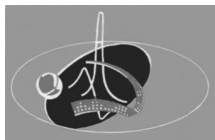
Мы искренне стремились внести свой посильный вклад в создание мощного ракетного оружия для своей страны и обеспечить ее приоритет в области космических исследований. Не мне судить о том, сколь ценным он оказался, одно могу сказать: *мы честно и с энтузиазмом делали свою работу и выполняли свой долг, как мы тогда его понимали.*

Я горжусь тем, что носители, в разработке которых мы принимали участие, продолжают выводить на орбиту космические аппараты, а некоторые баллистические ракеты до сих пор стоят на боевом дежурстве.

— *Вам довелось работать в обоих головных институтах ракетно-космической отрасли: НИИ-4 Министерства обороны и НИИ-88 (ЦНИИМаш) в структуре Минобщемаша. На Ваш взгляд, что их роднило и что выделяло, и была ли необходимость в подобном распылении и научных кадров, и материальных ресурсов?*

— Полагаю, что одновременное существование таких учреждений, как НИИ-4 МО и НИИ-88 МОМ было вполне оправдано, более того — целесообразно. Их роднил высокий профессионализм «аборигенов» и исключительный энтузиазм, проявляемый в отношении к своей работе. На первом этапе их деятельности наблюдался известный параллелизм, что было вполне естественно. Однако в дальнейшем НИИ-88 приобрел статус головного института отрасли по разработке объектов РКТ, аналогичный статусу ЦАГИ в авиационной промышленности, о чем я уже упоминал.

Что касается НИИ-4, то он сыграл выдающуюся роль в создании командно-измерительного комплекса и, как я предполагаю, приблизился по своей деятельности к научно обоснованному стратегическому планированию в новой системе вооруженных сил и разработке научно обоснованных тактико-технических заданий на новые системы вооружений и методов военной приемки этих систем. Последнюю роль играет в военной авиации ГК НИИ ВВС.



Ретроспективный взгляд на НИИ-88

...Пришли 1990-е годы. ЦНИИМаш — головной институт ракетно-космической отрасли, уникальный научный Центр, подобного которому ни по структуре, ни по составу научных кадров нет в мире, вынужден был начать нелегкую борьбу за выживание. Ее возглавили директор академик Владимир Федорович Уткин (бывший начальник и генеральный конструктор КБ «Южное») и первый заместитель директора по научной работе академик Николай Аполлонович Анфимов... В воздухе завихрилось магическое заклинание «конверсия», в которую был вовлечен и отдел динамики во главе с кандидатом технических наук Олегом Павловичем Клишевым.

После смерти В. Ф. Уткина ЦНИИМаш возглавил академик Н. А. Анфимов. Недавно его сменил на этом посту Г. Г. Райкунов. Директоры уходят, на смену им приходят новые, а проблемы остаются... Что впереди? Если знать ответ, то стоит ли, как говорил древний мудрец Конфуций, проживать жизнь дважды?



Г. А. Тюлин



Ю. А. Мозжорин

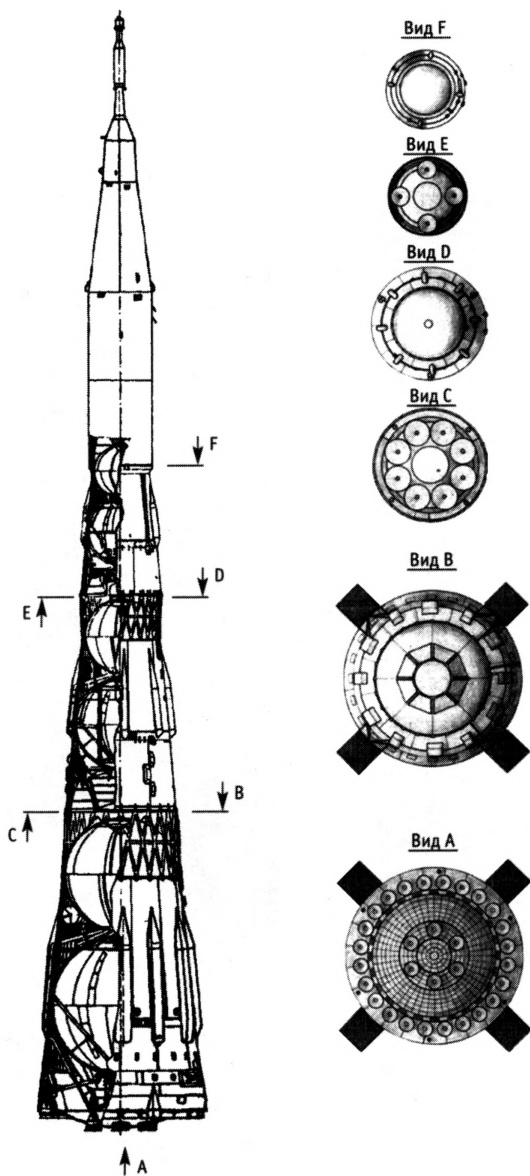
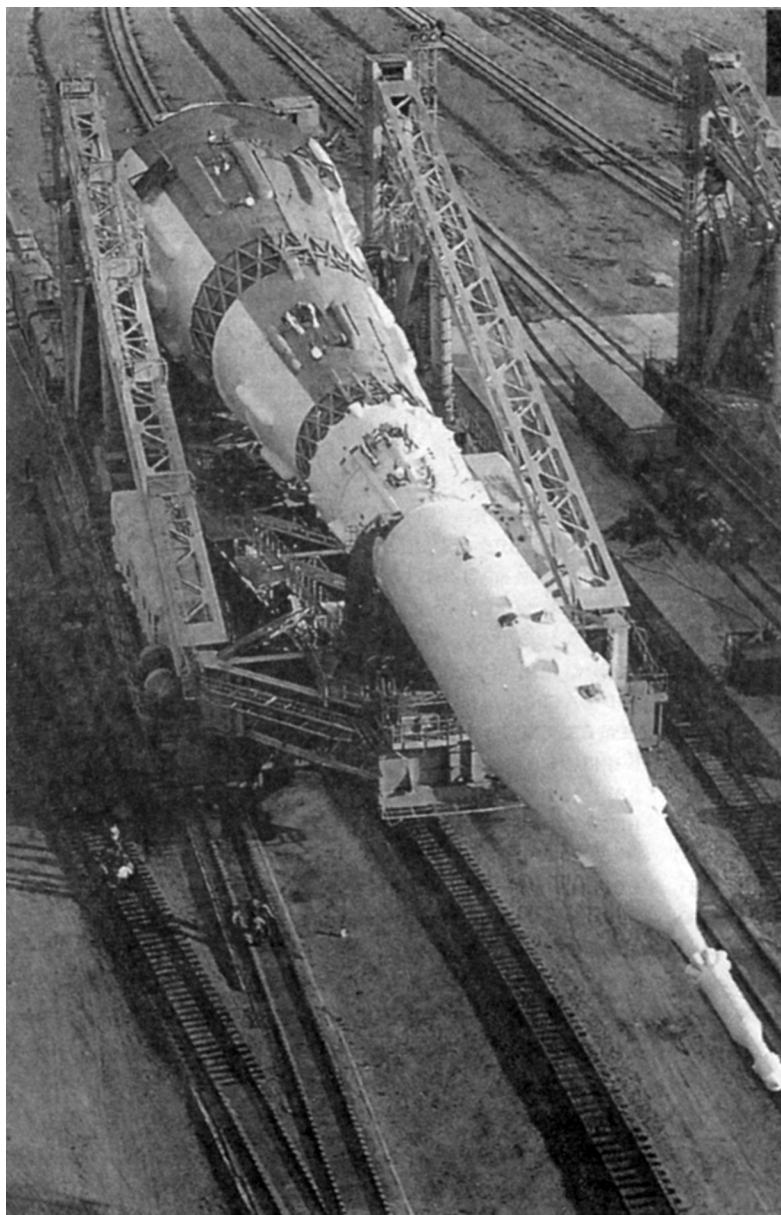
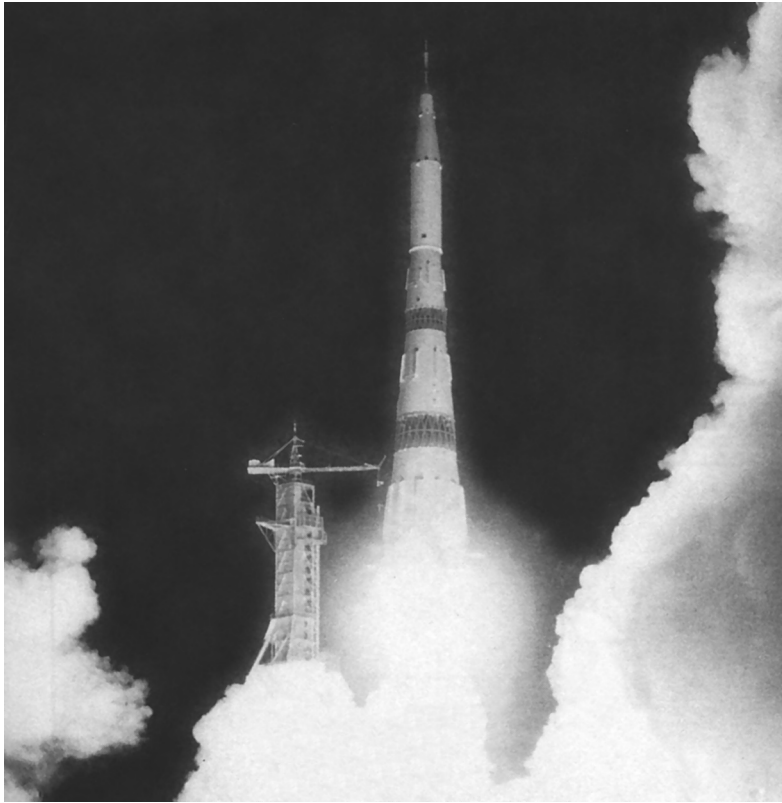


Схема ракетно-космического комплекса Н-1 – Л-3С



Транспортировка РН Н-1 на стартовую позицию



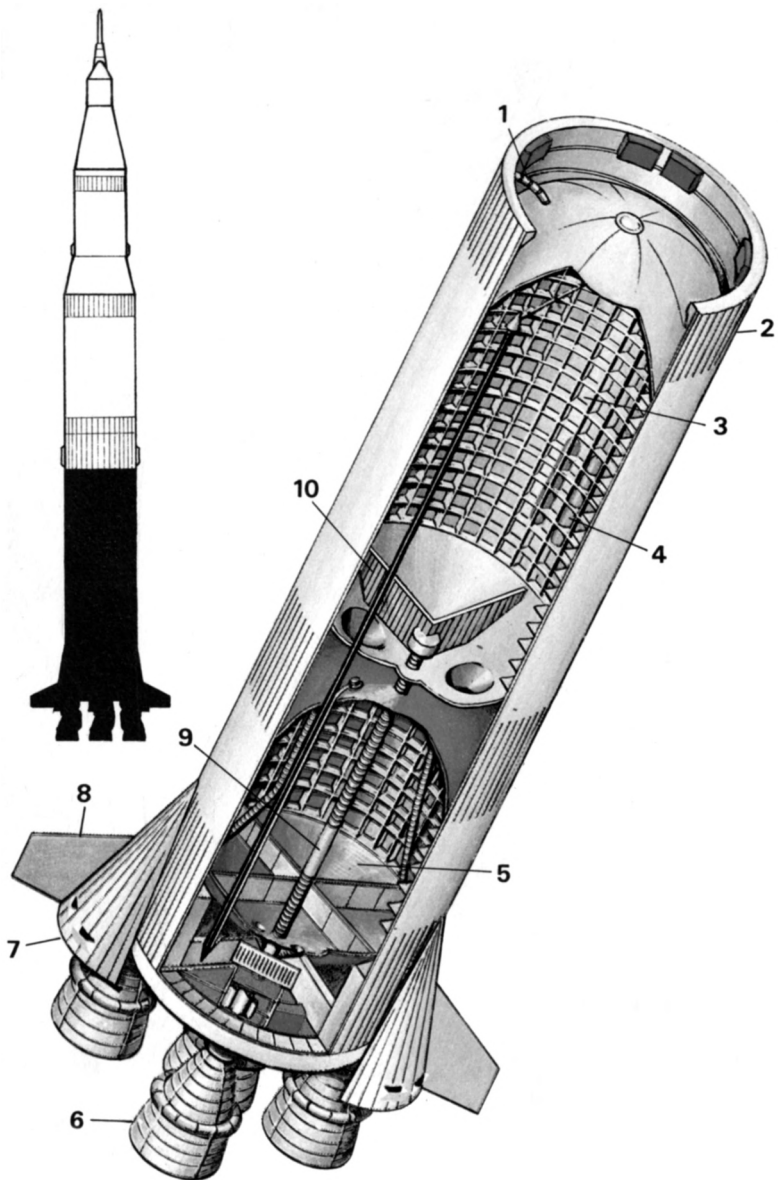
Старт H-1



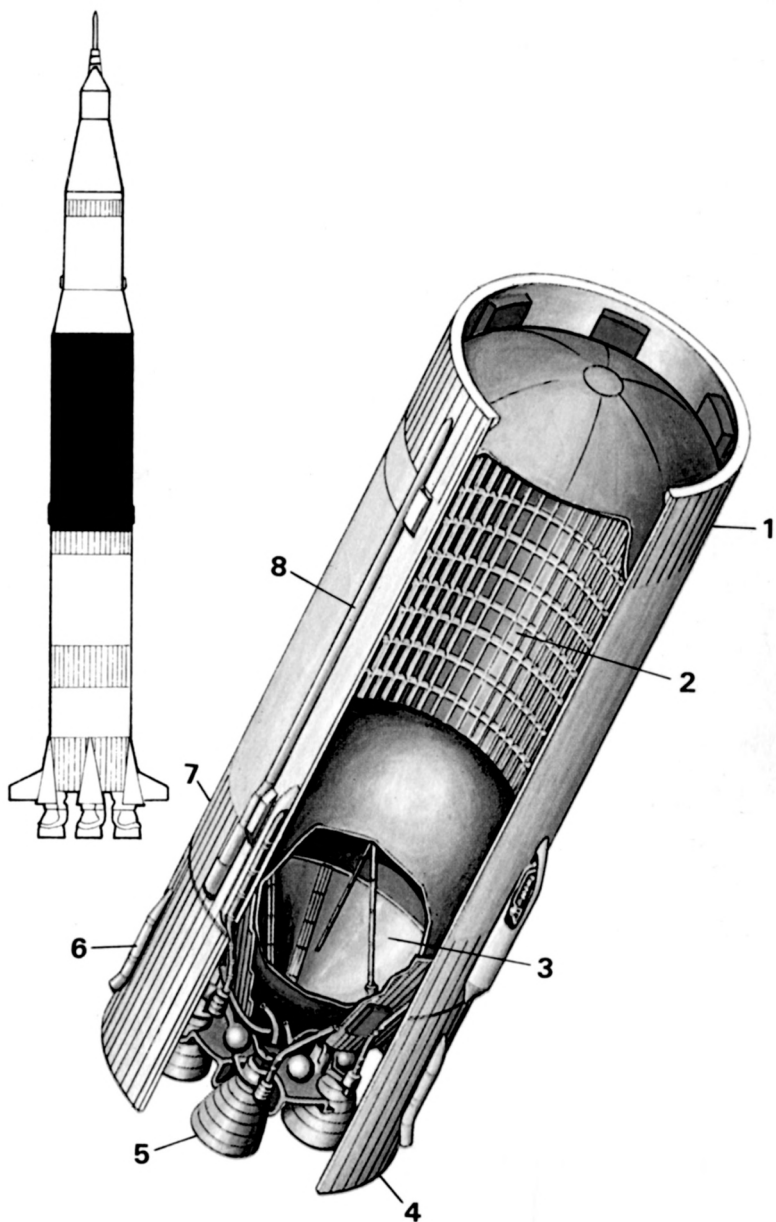
С И. А. Луковским и И. Б. Богорядом, г. Томск, 1970-е годы



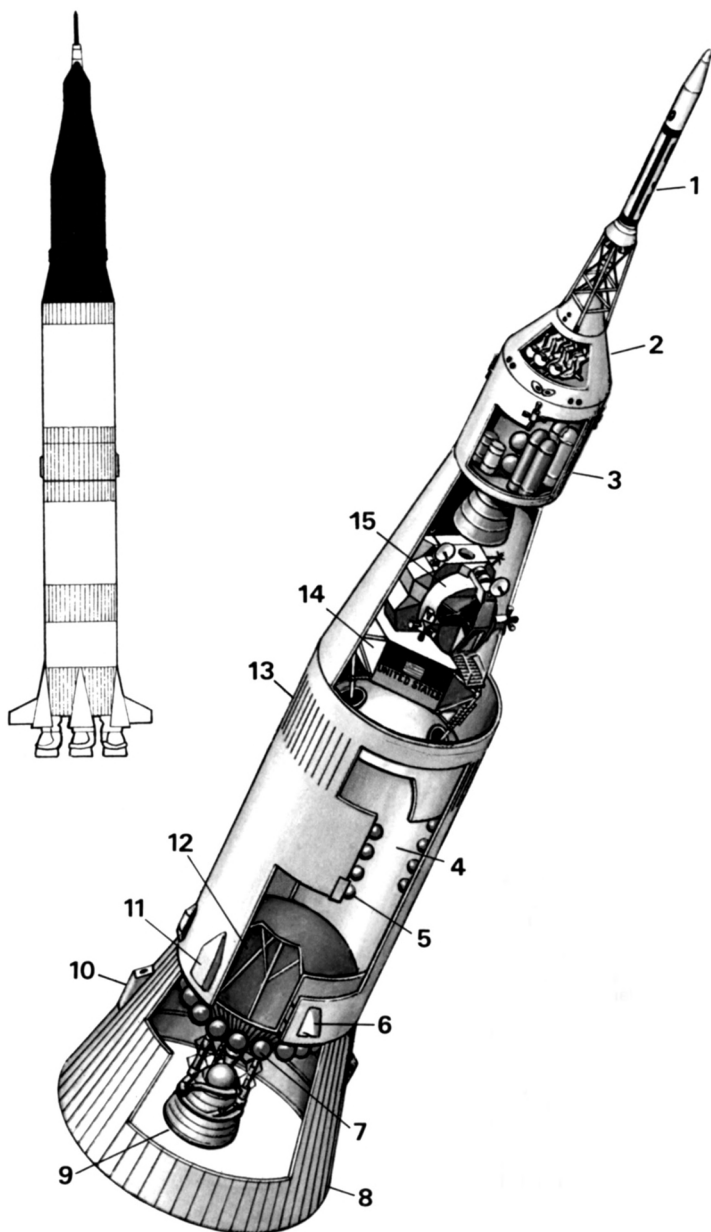
Много лет спустя... И. Б. Богоряд перед входом в Институт прикладной математики и механики (ИПММ) ТГУ, г. Томск, 2007 год. На фасаде — мемориальная доска с барельефом основателя и первого директора НИИ ПММ А. Д. Колмакова



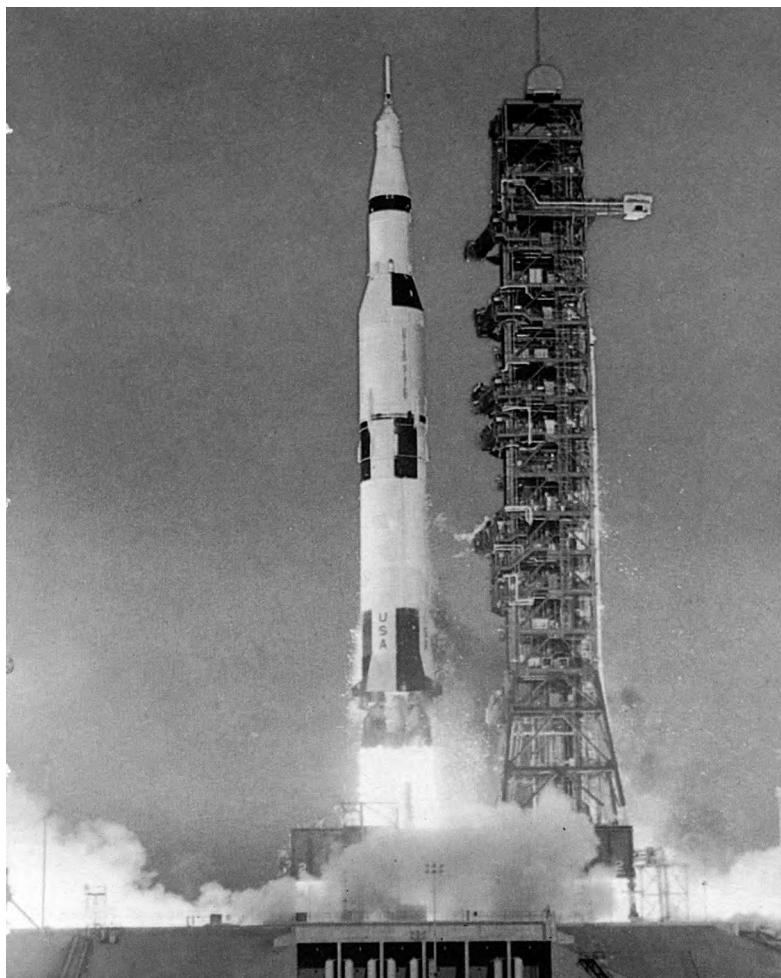
РН «Сатурн-5»: 1-я ступень



РН «Сатурн-5»: 2-я ступень



РН «Сатурн-5»: 3-я ступень



Старт носителя «Сатурн-5» с КА «Аполлон XI»



П. Е. Элясберг



Р. Р. Назиров



Академики В. Ф. Уткин (слева) и Н. А. Анфимов

«ВИДАЛИ ЛЬ КОГДА, КАК НОЧНАЯ ЗВЕЗДА
В ЗЕРКАЛЬНОМ ЗАЛИВЕ БЛЕСТИТ;
КАК ТРЕПЕЩЕТ В СТРУЯХ, КАК СЕРЕБРЯНЫЙ ПРАХ
ОТ НЕЕ, РАССЫПАЯСЬ, БЕЖИТ.

НО ПОЙМАТЬ ТЫ НЕ ЛЬСТИСЬ, И ЛОВИТЬ НЕ БЕРИСЬ,
ОБМАНЧИВЫ ЛУЧ И ВОЛНА...
МРАК ТЕНИ ТВОЕЙ ТОЛЬКО ЛЯЖЕТ НА НЕЙ.
ОТОЙДИ Ж — И ЗАБЛЕЩЕТ ОНА».

Михаил Лермонтов



РН «Энергия» на стартовой позиции



НА НОВОМ ВИТКЕ. ОТ Н-1 К СИСТЕМЕ «ЭНЕРГИЯ – БУРАН»

— *Борис Исаакович, как получилось, что Вы ушли из НИИ-88, оставив коллектив, который Вы фактически создали и в котором столько лет проработали?*

— Это было, как Вы понимаете, нелегкое решение. И да-лось оно мне не просто. Очевидно решающую роль сыграли два обстоятельства:

- глубокое разочарование, связанное с полным провалом советской программы пилотируемых полетов к Луне вообще и ее обширной части, связанной с носителем Н-1, в частности, ко-торой мы отдали столько сил и которая много лет служила для нас «звездой, к которой мы были устремлены»;
- ощущение, что пик развития отечественной РКТ в ее космической части пройден и что наиболее интересные про-блемы, входящие в круг моих научных интересов, уже решены, а дальше предстоит более рутинная и менее творческая работа.

По-видимому, сходные чувства испытывали и примерно 150 сотрудников ОКБ-1, включая Бориса Дорофеева, с 1972 года исполнявшего обязанности главного конструктора ракеты Н-1, которые в тот период покинули свою родную организацию. Я был приглашен на должность заведующего отделом динами-ки, в комплекс аэрогидромеханики, руководителем которого был Евгений Павлович Олофинский, как и Б. Дорофеев, один из бывших сотрудников ОКБ-1. Впоследствии он стал директо-ром того учреждения, в котором мы встретились. К сожалению, этот очень знающий и интеллигентный человек и прекрасный руководитель погиб через несколько лет в автомобильной ката-строфе.

Конечно, произошел новый кардинальный поворот в моей жизни. Позади оставались годы целеустремленной работы в определенной области техники, полные радостей и горестей (первых было больше), и активной творческой работы, составлявшей основной смысл моей жизни, многочисленные поездки на полигон, 10-я площадка, где мы с моими гражданскими и военными коллегами обычно «гнездились» (позднее город Ленинск), и челночные рейды по бетонкам, пересекавшим выжженную степь, к техническим позициям с их циклопическими монтажно-испытательными корпусами (МИК), вырвавшимися на горизонте как миражи. Впрочем, степь не всегда была выжженной. Очень короткое время, где-то с начала апреля до начала мая вся она превращалась в цветущий ковер, полыхавший желтыми и красными тюльпанами. Красивое было зрелище ...

Начиналась новая жизнь. Однако, к счастью, «цепь времен» не распалась. Я перешел в проектную организацию, которая вскоре начала частично специализироваться в области скоростного наземного транспорта на магнитной подвеске, где я возглавил отдел динамики и математического моделирования. Вскоре ко мне присоединилась небольшая группа моих бывших сотрудников: Анна Калинина, Валерий Лебедев, Геннадий Ренжин, а затем и Александр Мытарев. Это очень сильно облегчило задачу налаживания работы на новом месте и по новой для всех нас тематике.

Очень помогло также и то, что мы сохранили как творческие, так и человеческие контакты со своими коллегами в ЦНИИМаш и в других организациях, с которыми нам приходилось раньше сотрудничать. Особенно я хотел бы выделить Виктора Рогового, который был моим аспирантом в ЦНИИМаш, а потом продолжал много лет работать в отделе, из которого мы все вышли. О нем я уже имел случай сказать в ходе нашей беседы.

«Энергия – Буря» и Space Shuttle

— *Теперь, по прошествии многих лет, думаете ли Вы, что была необходимость бросать на полпути доработку РН Н-1 с тем, чтобы обратиться потом к новому проекту «Энергия – Буря», повторявшему почти точно (с большим опозданием) аналогичную систему Space Shuttle, разработанную в США? Были ли Вы как-то лично связаны с созданием этой отечественной системы?*

— Давайте, прежде всего, внесем ясность в один вопрос. Я не являюсь профессионалом в том сложном комплексе проблем, который позволяет ответить на вопросы типа: «Была ли необходимость?», «Был ли именно этот вариант наилучшим, а

может быть какой-то другой?», «Какова вообще оптимальная стратегия решения задачи?» и т. п.

Для того, чтобы отвечать на подобные вопросы надо, как минимум, представлять более точно круг задач, для решения которых создается новая система. Каковы военные (экономические, научные, политические) аспекты этих задач? Какие грузы мы собираемся выводить и на какие орбиты? Какова их масса, сколь часто надо осуществлять запуски? Какого рода объекты и как часто мы собираемся снимать с околоземной орбиты? Есть, конечно, еще масса вопросов. Ответами на них я не располагаю.

Один из самых деликатных вопросов — это технико-экономическое обоснование, к которому я вообще не имел никогда никакого отношения. Знаю только, что американцы, при всей их дотошности и умении считать деньги, ошиблись в своих экономических оценках на порядок или даже больше (естественно, в сторону завышения) предполагаемого выигрыша при использовании системы *Space Shuttle* по сравнению с альтернативными одноразовыми системами, требующими большего количества запусков.

Исходя из изложенного и не пытаясь вести игру «на чужом поле», могу дать только сугубо субъективную оценку ситуации. Кроме того, давайте расчленим проблему на две. Доводить до работоспособного состояния Н-1, или закрыть эту разработку — это один вопрос. Создавать ли транспортную систему Земля – Космос многоразового действия и если «да», то какую, — это другой вопрос.

Что касается Н-1, то если бы было принято решение реализовать отечественную программу пилотируемых полетов к Луне, то следовало доводить Н-1, несмотря на все обнаружившиеся просчеты, приняв на вооружение концепцию двух стартов, о которой я говорил раньше, — это обошлось бы все же дешевле, чем начинать все сызнова. Ведь не забросили же американцы свою программу вывода человека на околоземную орбиту только из-за того, что первым таким человеком стал гражданин СССР Юрий Гагарин.

Почему, собственно, надо было отказаться от всех научных задач, связанных с высадкой человека на Луну, только из-за того, что первыми на ее поверхности оказались американцы Нейл Армстронг и Эдвин Олдрин? Ответа на подобные вопросы я не знаю.

Наконец, о многоразовой системе. Если соответствующему решению предшествовал достаточно глубокий анализ, о котором я говорил выше, и он показал, что такая система нужна, причем с теми же примерно параметрами, что и у *Space Shuttle*, то ее разработка была оправдана.

Так или иначе, ракетно-космическая система «Энергия – Буран» была создана. Основную роль в этом сыграли НПО «Энергия» им С. П. Королева под руководством Главного конструктора В. П. Глушко, НПО «Молния» под руководством Главного конструктора Г. Е. Лозино-Лозинского, НПО АП и КБЭ.

В конструктивно-компоновочную схему был внесен ряд усовершенствований, с конструктивным отделением РН «Энергия» от транспортного корабля «Буран», безусловно сделавших систему «Энергия – Буран» более совершенной и гибкой, чем *Space Shuttle*.

Это обеспечило возможность как независимого использования «Энергии» в качестве ракеты-носителя (РН), аналогичной Н-1, только более совершенной, так и в комплексе с крылатым орбитальным кораблем (ОК) «Буран», совершающим самолетную посадку.

Ее летные испытания прошли успешно. Уже при первом запуске РН «Энергия» с макетом полезной нагрузки выяснилось, что в отношении динамики и управления все идет в полном соответствии с расчетом: не было зафиксировано ни заметных колебаний жидкости, ни упругих поперечных или продольных колебаний корпуса. Отработка внешних возмущений также проходила нормально. Следовательно, опыт, накопленный при разработке Н-1, определивший и последующие обширные исследования динамики этой сверхсложной системы, и методы более полной наземной отработки, не прошел даром.

При втором запуске системы (уже в штатной комплектации, включавшей ОК «Буран») был впервые в мире осуществлен орбитальный полет крылатого беспилотного КА, закончившийся безупречной «самолетной» посадкой в расчетной точке на ВПП (взлетно-посадочную полосу). Этот результат до сих пор никто в мире не смог повторить. Однако блестящие технические достижения, воплощенные в системе «Энергия – Буран», увы, не получили ни достойной оценки, ни достойного продолжения.

Тот факт, что одним из магистральных направлений развития техники пилотируемых космических полетов является разработка систем, обеспечивающих точную посадку в заданном районе, был ясен законодателю путей прогресса РКТ С. П. Королеву еще давно (я говорил об этом раньше в связи с беседой С. П. с И. А. Эрлихом).

И вот подобная система, пусть не с «вертолетной», а с «самолетной» посадкой, у нас появилась. И что же дальше? Она оказалась невостребованной... Почему? — Это уже совершенно другой вопрос, на который я не могу ответить.

Неплохо было бы вспомнить в связи с этим слова, принадлежащие Леонардо да Винчи, написанные каких-нибудь 500 лет

назад, относившиеся к задуманному им летательному аппарату, который он назвал «Большой птицей» (цитирую по книге *Леонардо да Винчи. Избранные произведения*. Т. 1. М.; Л.: Academia, 1935):

«Большая птица первый полет начнет со спины исполинского Лебеда (горный хребет в окрестностях Флоренции), наполняя вселенную изумлением, и молвой о себе все писания,— вечной славой гнезду, где она родилась».

К сожалению, Леонардо ошибся в своем прогнозе. Много ли наших современников испытывают изумление, вспоминая о «Большой птице» — «Буране», который был создан спустя 500 лет и совершил успешный первый полет, начавшийся, правда, со «спины» ракеты-носителя.

Где те писания, которые «Буран» *«Наполняет молвой о себе»?* Спросите об этом у писателей и историков техники. Они могли бы рассказать много интересного и печального не только о «Буране», но и о его предшественниках, разделивших судьбу «Бурана», *«Больших птицах»* Роберта Людвиговича Бартини, Наума Семеновича Чернякова, Владимира Николаевича Мяснищева.

Поинтересуйтесь, например, историей не превзойденного до сих пор нигде в мире по своим параметрам (максимальная скорость 3200 км/ч, практически потолок 25 км, дальность 7000 км) стратегического бомбардировщика конструкции Чернякова Т-4 (*«Сотки»*), на котором летчик-испытатель Герой Советского Союза Владимир Ильюшин со штурманом Николаем Алфёровым совершил в 1970-е годы 10 успешных полётов (первый полет 22 августа 1972 года), после чего этот проект был по загадочным причинам закрыт. Этот сверхзвуковой самолет проложил в какой-то степени путь гиперзвуковому «Бурану».

Что касается *«гнезда»*, где родились эти *«Большие птицы»*, то остается только надеяться на то, что «еще не вечер». Пока же единственный сохранившийся на своей родине экземпляр «Бурана» Вы можете обнаружить в ЦПКиО (второй экземпляр, объехав полмира, «угнездился» в частном авиационном музее в ФРГ), а единственную в стране *«Сотку»* — в авиационном музее в Монино...

И, наконец, ответ на Ваш последний вопрос. Он таков: *«И да, и нет»*. *«Да»*, потому что в работах ЦНИИМаш, связанных с динамикой комплекса «Энергия – Буран» на активном участке полета носителя, и в работах КБЭ, связанных с разработкой системы его управления, были использованы многие методы, алгоритмы и программы, созданные в свое время нашим коллективом.

Эти методы и программы получили дальнейшее развитие в работах сотрудников отдела № 56 (бывшего отдела № 10)

ЦНИИМаш, и Вы, как непосредственный участник этих работ, могли бы, вероятно, больше рассказать об этом мне, чем я Вам. «Нет», потому что в то время я уже не был сотрудником ЦНИИМаш и формально участия в упомянутых работах не принимал.

— *Говоря о космических комплексах «Энергия – Буран» и Space Shuttle, Вы совершенно не затронули проблему их надежности и безопасности экипажа, которая для любого пилотируемого аппарата играет первостепенную роль. Актуальность этой проблемы подтверждается двумя катастрофами, имевшими место в США, приведшими к гибели кораблей «Челленджер» и «Колумбия» вместе с их экипажами. Были ли эти катастрофы связаны с недостаточной надежностью американской системы?*

— Сравнить количественные характеристик надежности этих систем не представляется возможным, так как один успешный полет отечественной системы в штатной комплектации при всей его значимости не дает, как и любой единичный эксперимент, никакой информации о такой статистической характеристике, как надежность. Однако это не мешает сравнить предусмотренные на этих системах способы и средства спасения экипажа в аварийных ситуациях.

Начну с «Бурана». Буду при этом руководствоваться книгой «Многоразовый орбитальный корабль „Буран“» / Ред. чл.-кор. РАН Семенов Ю. П. и др. М.: Машиностроение, 1995.

Орбитальный корабль (ОК) «Буран» оснащен многоуровневой системой спасения. На высотах от 0 до 35 км и числах Маха до 3,5 — это катапультируемые кресла К-36 РБ, в которых члены экипажа должны находиться в скафандре, представляющие собой дальнейшее развитие катапультируемого кресла К-36, созданного в ФО «НПП Звезда» под руководством ушедшего из жизни в расцвете творческих сил Генерального конструктора Гая Ильича Северина. Названный диапазон соответствует активному участку полета по штатной схеме выведения до 102-й секунды при взлете, а также — пассивному участку при посадке, вплоть до приземления.

Скажу несколько слов о кресле К-36, которыми оснащены все отечественные и многие зарубежные (включая американские!) боевые самолеты. Аналогичное кресло было использовано Ю. Гагариным. Каждое такое кресло представляет собой автономный комплекс, все функции которого, начиная с отделения от самолета и последующей стабилизации, и кончая раскрытием основного парашюта, выполняются автоматически.

Катапультируемых кресел, равных по возможностям спасения (с последующим возвращением в строй) членов экипажа в

самых сложных аварийных ситуациях, в мире не существует. По официальной отечественной статистике число членов экипажа, вернувшихся в строй после катапультирования, составляет 97 % (против 60 %, которые обеспечивают зарубежные системы). Ограничусь двумя примерами, наглядно иллюстрирующими уникальные возможности кресла К-36ДМ.

Заслуженный летчик-испытатель Анатолий Николаевич Квочур катапультировался после отказа одного из двигателей двухмоторного истребителя МиГ-29 во время демонстрационного полета на авиационном салоне в Ле Бурже на фантастически малой высоте, составлявшей 93 м, за несколько секунд до того как самолет врезался в землю. Пилот не получил при этом никаких серьезных травм.

Два члена экипажа успешно катапультировались, когда их самолет Як-38У упал в море после неудачной попытки взлета с палубы авианесущего крейсера и уже был под водой.

При авариях РН «Энергия» выше зоны катапультирования было предусмотрено экстренное отделение орбитального корабля от РН, его стабилизация и автономный полет до посадки на одном из аэродромов на трассе выведения. На случай возникновения нештатных ситуаций на орбитальном участке полета предусмотрен целый ряд программ, соответствующих различной степени сложности ситуации, включающих «Программу досрочного и срочного возвращения» и «Программу спасения экипажа с помощью корабля-спасателя». Последняя используется в самом тяжелом случае, когда сход ОК с орбиты или посадка на основной или резервный аэродром либо невозможны, либо связаны с большим риском. Кораблем-спасателем является модифицированный корабль «Союз-ТМ».

Что касается, американского ОК *Shuttle*, то, судя по ее многочисленным описаниям (например, *Siepmann H. R., Shayler D. J. NASA Space Shuttle. IAN Allan Ltd, London*), на нем нет ни одной из систем спасения экипажа, имеющихся на «Буране». Фактически на ОК *Shuttle* вообще не предусмотрено никаких средств спасения экипажа, ни на участке выведения, ни при орбитальном полете, ни при снижении и посадке! Вывод очевиден: в случае серьезной аварии на любом из участков полета ОК *Shuttle* экипаж был обречен на гибель. А теперь обратимся к фактам.

Первая катастрофа. 28 января 1986 года со стартового комплекса LC-39 Космического центра им. Кеннеди стартовал ОК «Челленджер» (это был его 10-й полет). На 74-й секунде полета произошел взрыв, повлекший за собой гибель экипажа под командой Фрэнсиса Скоби в составе 7 человек, среди которых была учительница Криста МакОлифф, которая должна была провести с орбиты урок со школьниками...

Причина катастрофы — прогар уплотнительного кольца на одном из твердотопливных ускорителей. Все обстоятельства этой катастрофы описаны в книге американского журналиста Малколма МакКоннела *Malcolm McConnell. Challenger. A Major malfunction. Doubleday City & Company N. Y., 1987. Работе правительственной комиссии по ее расследованию посвящена почти вся вторая книга двухтомника, содержащего автобиографию знаменитого физика, Лауреата Нобелевской премии Ричарда Фейнмана, который был членом этой комиссии. Приведу название обоих томов:*

I. *Richard P. Feynman. Surely You're Joking, Mr. Feynman! Adventures of a Curious Character as told to Ralph Leighton / Ed. by Edward Hutchings. Bantan Books. N. Y. 1985.*

II. *Richard P. Feynman. What do You care what other People Think? Further Adventures of a Curious Character as told to Ralph Leighton / Ed. by Edward Hutchings. Bantan Books. N. Y., 1985.*

Изложение Фейнманом событий, связанных с работой комиссии, является особенно поучительным, поскольку он, считая себя, в отличие от других членов и ее председателя (между прочим, — *не инженера, а юриста*), полностью независимым, добросовестно пытался докопаться до истины.

Однако это его похвальное стремление вступило в противоречие с линией председателя комиссии, предпочитавшего «замести под ковер» наиболее скользкие моменты. Тут и обнаружилась справедливость мысли, которую высказал ему один из членов комиссии, с которым Фейнман подружился, генерал ВВС Кутина. Звучала она так: «*Check six!*» Формально это переводится как «*Проверь шестерку*». Однако на английском авиационном сленге это означает «*Посмотри туда, где ты видишь на своих наручных часах цифру 6*», то есть: «*оглянься назад — не сидит ли кто-либо у тебя на хвосте*».

Смысл этой фразы становится ясен, если учесть, что генерал был во время второй мировой войны летчиком-истребителем и, сделав впечатляющее число боевых вылетов, ни разу не был сбит.

Так вот, выяснилось, что объективность независимых суждений Фейнмана вовсе не гарантирует их отражение в официальном отчете комиссии, который редактировал ее председатель. Последней каплей в их натянутых отношениях явилась демонстрация Фейнманом потери эластичности злополучного резинового уплотнительного кольца при низких температурах, кусок которого, охлажденный в стакане коктейля со льдом, он переломил во время очередной пресс-конференции на глазах восхищенных представителей прессы.

В конечном счете, раздел, написанный Фейнманом, не вошел в официальный отчет, а попал в «Приложение», которое

осталось пылиться на полке. Мораль: даже Нобелевский лауреат при всей своей учености не свободен от иллюзий.

Надо сказать, что Фейнман был не просто знаменитым физиком, а очень разносторонним человеком, проявлявшим интерес к областям, совершенно не связанным с его основной профессией. Например, будучи одним из участников Манхэттенского проекта, он увлекся проблемой разгадывания секретов сейфовых замков и достиг выдающихся успехов в этом трудном деле.

Однажды он из озорства вскрыл во время пребывания в Лос-Аламосе сейф с документами, содержащими все главные секреты Манхэттенского проекта, принадлежавший одному из сотрудников, пока тот уходил пить кофе. После этого Р.Ф. снова запер сейф, оставив в нем записку с анонимным сообщением о содеянном.

Надо отдать должное не только феноменальному искусству Фейнмана, но и тому, что устроенный им спектакль был, говоря языком Булгакова, *«сеансом черной магии с полным ее разоблачением»*: Р.Ф. успел сделать «чистосердечное признание», не дожидаясь, пока владельца сейфа, открывшего сейф и обнаружившего в нем записку, хватит инфаркт. Подробности этой захватывающей истории описаны в книге, которую я цитировал.

В двух томах содержится еще масса интересных историй. Среди них — рассказ о неожиданном проявлении у Р.Ф. в сорокалетнем возрасте незаурядного таланта художника-графика, и об овладении им искусством игры на барабанах (он начал практиковаться в этой игре еще в Лос-Аламосе).

Последнее позволило ему в дальнейшем, во время его пребывания в качестве приглашенного профессора в Рио-де-Жанейро, освоить португальский национальный инструмент «фригидейра», напоминающий игрушечный барабан. В этом оригинальном музыкальном жанре будущий нобелевский лауреат добился больших успехов. Об этом свидетельствует его избрание по конкурсу участником выступления одной из самодеятельных «самба-школ» в карнавальной шествии по улицам Рио-де-Жанейро.

Еще одним хобби Ричарда Фейнмана была расшифровка иероглифов, скрывавших многие поражающие своей точностью результаты астрономических наблюдений индийцев племени майя.

Не буду пытаться пересказывать все любопытные факты биографии этого необычайно одаренного человека, чтобы не лишать удовольствия читателей, которых заинтересуют упомянутые книги.

Перейду ко второй катастрофе. 16 января 2003 года с Космического стартового комплекса LC-39А **Космического центра** им. Кеннеди отправился в свой 28-й полет ОК «Колумбия» с

экипажем в составе семи человек под командой Рика Хазбанда. На финальном участке полета 1 февраля 2003 г. при входе в атмосферу ОК «Колумбия» разрушился, и весь экипаж погиб. Причиной послужил отрыв еще при взлете, на 82-й секунде полета, куска полиуретановой изоляции топливного бака. Этот кусок, имевший массу почти 1 кг, ударил со скоростью 240 м/с по передней кромке левого крыла «Колумбии». Рана, нанесенная крылу, была смертельной, и корабль оказался обреченным на гибель еще до выхода на орбиту.

«Колумбия» погибла из-за разрушения левого крыла, которое было прожжено раскаленной плазмой в том самом месте, куда ударил кусок полиуретана» (цитирую по книге «Мировая пилотируемая космонавтика. История. Техника. Люди» / Под ред. летчика-космонавта России Батурина Ю. М. М.: РТСофт, 2005).

Подведем итоги. «Челленджер» и «Колумбия» погибли вследствие технических причин, но гибель экипажей в обоих случаях могла быть предотвращена, если бы ОК комплекса *Space Shuttle* были оснащены системой спасения экипажа в аварийных ситуациях, подобной предусмотренной на «Буране», в первом случае — путем катапультирования всех членов экипажа, во втором — с помощью корабля-спасателя.

Между прочим, конструктор наших замечательных катапультируемых кресел Гай Северин рассказывал, что, выступая на пресс-конференции в США, он сообщил об этом открытом текстом, что произвело должное впечатление на аудиторию, включавшую весьма компетентных специалистов.

Возможно, что этот демарш Северина сыграл не последнюю роль в том, что американцы закупили у нас катапультируемые кресла его разработки для оснащения своих истребителей (м. б., лицензию на их производство — не помню точно).

«В гостях» у В. Н. Челомея

Был в далеком прошлом, когда идея системы, подобной «Энергия – Буран», еще только витала в воздухе, один любопытный эпизод в моей биографии, имевший к этой системе прямое отношение. Дело в том, что я всегда был неравнодушен к крылатым ракетам. Поэтому с чисто технической точки зрения создание чего-то похожего на то, что много лет спустя реализовалось в виде орбитального корабля «Буран», казалось мне очень привлекательным.

Подчеркиваю, что ни о комплексе задач, под который надо такую систему создавать, ни об ее экономической целесообразности, я особенно не задумывался. Ничего о подобных работах в нашей стране, кроме одной из давно закрытых тем, мне в то время не было известно. И я решил обратиться с этим пред-

ложением не более и не менее, как лично к Генеральному конструктору, академику Владимиру Николаевичу Челомею, минуя свое непосредственное начальство.

Здесь необходимо сказать несколько слов о Владимире Николаевиче, без которых будет непонятно, почему я обратился именно к нему. Как конструктор, он прославился разработкой отечественных крылатых ракет для подводных лодок, а в описываемое время активно занимался баллистическими ракетами, составив конкуренцию С. П. Королеву и М. К. Янгелю. Мало того, им была сделана серьезная заявка на разработку мощных ракет-носителей космических аппаратов. В частности, под его руководством была создана ракета-носитель «Протон», находящаяся «в строю», претерпев некоторые модификации, превратившие ее в «Протон М», по сей день, оставаясь непревзойденной по надежности среди объектов своего класса.

Я трезво (как мне тогда казалось) рассуждал, что В. Н. лучше всех должен отнестись к моей идее, как человек, совмещавший в себе и самолетчика и ракетчика, да к тому же еще довольно квалифицированный специалист по динамике (что мне особенно импонировало).

Если учесть, что мой визит должен был носить сугубо приватный характер, а мое начальство ничего о нем не знало, задача попасть на прием к Челомею была, прямо скажем, не простой. Правда, я был уже в то время не только доктор технических наук и профессор (мало ли их было!), но был известен Владимиру Николаевичу своими работами в области тонких вопросов динамики ракет-носителей, которые наш коллектив выполнял по заказу его фирмы.

Тем не менее, Челомей вряд ли понимал, почему он должен лишний раз вспоминать о существовании НИИ-88, к некоторым подразделениям которого испытывал стойкую аллергию, и тратить время на встречу с представителем этой организации (о том, что я являюсь не «представителем», а частным лицом, он узнал только в ходе моего визита).

Не буду рассказывать, как я организовал приглашение к Владимиру Николаевичу, используя одного нашего общего с ним весьма высокопоставленного знакомого, близкого друга моего отца, академика Георгия Александровича Николаева. Так или иначе, но к Челомею я попал, причем, когда появился в его приемной (как бывший военный — точно в назначенное время), то был немедленно приглашен в «святая святых».

Принят я был очень любезно. Мои предложения были выслушаны с вежливым вниманием, но без каких-либо комментариев. Владимир Николаевич сказал, что все это очень увлекательно и что он обо всем подумает. Видимый интерес он проявил только

к сложным динамическим проблемам, на которых я останавливался особенно подробно.

Потом разговор плавно перешел в область общих вопросов прикладной теории колебаний. В.Н. с удовольствием говорил о своих лекциях, которые он читает в МВТУ им. Баумана, о своей обширной библиотеке по теории колебаний, лучше которой, как он считал, была только библиотека А.И. Лурье. Словом, разговор приобрел характер светской беседы, которая в общей сложности продолжалась около часа, но ...не имела абсолютно никаких последствий.

Только несколько лет спустя я узнал, что вся моя затея была изначально обречена на провал, так как незадолго до нашей встречи с Владимиром Николаевичем, последний получил агентурную информацию о том, что один из его заместителей (тот, назовем его **N**, с которым у В.Н. были весьма натянутые отношения) вышел в некие высшие сферы за спиной шефа с техническим предложением, аналогичным в основных его чертах моему, только, конечно, более солидно обоснованным! Поэтому главной задачей Челомея стало доказать в этих сферах абсурдность предложения **N**, что он и делал в тот период со свойственным ему полемическим искусством.

Легко представить себе, насколько некстати оказались мои идеи. Должен сказать, что Владимиру Николаевичу удалось — таки, в конце концов, известить **N**, хотя сделать это оказалось сложнее, чем утопить его идею крылатого космического аппарата с «самолетной» посадкой.

Секрет в вихрях

— *Ваш научный багаж, приобретенный в результате активной творческой деятельности в ракетно-космической отрасли в течение почти трех десятилетий, позволил Вам быстро и весьма успешно переключиться на исследования в областях, казалось бы, достаточно далеких от ракетной, после того, как Вы в 1974 году покинули ЦНИИМаш. Какие полученные в этот период результаты Вы бы выделили?*

— Действительно, довольно быстро удалось установить, что в нашей новой тематике есть очень много общего с тем, чем мы в течение многих лет занимались в ЦНИИМаш. Так весьма острой для управления системами электромагнитной левитации — *MAGLEV Systems* — и обеспечения их устойчивости оказалась проблема учета вихревых токов в ферромагнитных элементах магнитопровода (сердечник электромагнита, рельс). В математическом отношении эта проблема оказалась поразительно близкой к проблеме динамики системы твердое тело — завихренная жидкость, весьма актуальной для РКТ.

Более того, после упорной работы, длившейся около двух лет, которую мы проводили совместно с Виктором Роговым (он, оставаясь сотрудником ЦНИИМаш, — «на общественных началах»), обнаружилось, что математические модели описываемых двух, казалось бы, совершенно различных, физических явлений, оказались почти идентичными. Однако в этом «почти» была существенная загвоздка.

Дело в том, что в математической модели движения жидкости в полости с внутренними ребрами, содержащей маловязкую жидкость, полученной за несколько лет до этого Витей, и широко применявшейся в РКТ, не учитывалась дополнительная степень свободы, соответствующая относительному движению вихревого ядра, образующегося в жидкости.

В терминах квазистационарного приближения краевой задачи электродинамики, которую мы решили для своего магнитопровода, этому соответствовало пренебрежение магнитным полем в сердечнике, наведенным вихревыми токами. Но соответствующее поле в полученном нами решении присутствовало, и ему отвечала дополнительная степень свободы!

Вернувшись к гидродинамической задаче и тщательно проанализировав всю нашу аксиоматику, мы обнаружили, что та модель, которую мы использовали раньше, соответствует достаточно малым амплитудам колебаний тела и жидкости (не буду вдаваться в подробности термина «достаточно малые» — будем считать, что это те амплитуды, с которыми нам обычно приходилось иметь дело при летных испытаниях).

Однако оказалось, что при «немалых амплитудах» следует перейти к более точной модели, учитывающей дополнительную степень свободы вихревого ядра. Когда мы это сделали, то полученная математическая модель полностью совпала с моделью, которую мы получили для ферромагнитного магнитопровода с воздушным зазором.

Этот результат, который мы с Витей опубликовали в двух номерах журнала «Космические исследования», носил фундаментальный характер. Обнаруженная аналогия оказалась очень глубокой и серьезно облегчила нам решение целого ряда задач автоматического управления и устойчивости систем электромагнитной левитации.

В то же время, полученная уточненная математическая модель вихревых движений жидкости позволила переосмыслить некоторые экспериментальные результаты, относившиеся к давно минувшим дням. В частности, появилась реальная возможность описать, исходя из новой модели, ситуацию, близкую к потере устойчивости по крену первой ступени ракеты Р-16 при одном из пусков, прошедшего в целом удачно. Сильные

колебания по крену, начавшиеся примерно с середины активного участка полета после отказа одной из рулевых машин, имели амплитуду, примерно на порядок большую, чем обычно.

В то время мы не смогли найти объяснение этому явлению и, поскольку оно больше ни разу не повторилось, отложили дело в долгий ящик. Были и еще некоторые странные явления, связанные с динамикой переходных процессов на КА «Венера» при включении ЖРД последней ступени для перехода на орбиту полета к Венере.

Не буду останавливаться на том, как нам удалось объяснить эти явления в рамках новой математической модели. Важно, что все это послужило дополнительным стимулом к проведению дальнейших исследований, как теоретических, так и экспериментальных, в области наиболее тонких динамических свойств систем твердое тело – жидкость и систем магнитопровод – магнитное поле вихревых токов.

Эти работы мы проводили несколько лет вместе с Валерием Лебедевым и Александром Мытаревым, и полученные решения были использованы при проектировании реальных систем магнитной левитации и при решении некоторых новых задач, связанных с движением завихренной жидкости, о чем я уже говорил раньше. Но все это было уже без Вити Рогового. Его безвременная кончина остается для меня и по сей день незаживающей раной.

RI-алгоритм и наша команда

Много лет спустя после моего визита к Челомею, когда многогоразовая система, эквивалентная *Space Shuttle*, вопреки мнению Челомея, начал обретать реальность, судьбе было угодно, чтобы я все же принял участие в работе, имевшей отношение к ее ракете-носителю, «Энергии».

Все началось с того, что небольшой коллектив, в котором я работал после ЦНИИМаш, в один прекрасный день получил предложение от КБЭ заключить договор на разработку некоего специального математического обеспечения. Речь шла о создании достаточно эффективного и в то же время гибкого инструмента для исследования устойчивости замкнутых систем объект – регулятор (в том числе и при наличии бортовой цифровой вычислительной машины в контуре управления), описываемых системой дифференциальных уравнений весьма высокого по тем временам порядка, доходящего до 100.

Естественно, что обращение к нам было инспирировано нашими коллегами из КБЭ, с которыми мы в течение многих лет сотрудничали во время моей работы в ЦНИИМаш, но, конечно, получило благословение Главного конструктора КБЭ,

которым в то время уже был мой старый знакомый по Р-16 Я. Е. Айзенберг.

Обсуждение с потенциальным заказчиком постановки задачи показало, что она лежит в русле наших исследований (динамики скоростного транспорта на бесконтактном подвесе). Поэтому, заручившись согласием начальства, я без колебаний принял предложение.

Правда, задача оказалась значительно более сложной, чем показалось вначале, и потребовала нескольких лет упорного труда коллектива в составе трех человек: Вашего собеседника, Анны Калининой и Валерия Лебедева, в тесном сотрудничестве с представителями заказчика в лице З. Л. Петришиной (вспомним историю с Р-16!) и В. Г. Сухореброго.

Изучив досконально предложенные заказчиком математические модели систем, подлежащих рассмотрению, мы довольно быстро догадались, какой загадочный объект скрывается за одной из них (практически, наиболее сложной). Однако правила игры требовали, чтобы мы делали вид, что этого не понимаем, а наши заказчики — что они свято верят этому. Поэтому мы не задавали лишних вопросов и делали свое дело. Вспоминаю, что это была очень интересная творческая работа.

В конечном счете, нам удалось разработать оригинальный рекуррентно-итерационный алгоритм, успешно справлявшийся со всеми тестовыми задачами, который мы назвали **RI-алгоритмом**. Соответствующий программный комплекс был передан заказчику и после нескольких месяцев опытной эксплуатации при «шефском надзоре» нашего представителя Калининой был принят на вооружение в КБЭ в качестве одного из математических инструментов для проектирования систем управления наиболее сложных объектов, включая РН «Энергия».

С основным разработчиком СУ для этого объекта Виктором Александровичем Батаевым мы имели тесные творческие контакты. После опубликования с согласия заказчика теоретических основ нового алгоритма в журнале «Строительная механика и расчет сооружений» и в двух номерах журнала «Космические исследования», **RI-алгоритм начал жить самостоятельной жизнью**.

В частности, на него обратили внимание авиаторы. По инициативе заместителя начальника отделения аэроупругости ЦАГИ Михаила Сергеевича Галкина (я уже упоминал о нем в связи с «молотком Цыфанского»), сотрудничество с которым начиналось еще во времена эпопеи, связанной с Н-1, мы получили предложение провести расчетно-теоретические исследования флаттера некоторых авиационных объектов. Воспоминание об этой истории дает мне счастливую возможность рассказать подробнее о двух членах нашей команды.

Анна Калинина

Работа, предложенная М. С. Галкиным, потребовавшая серьезной доработки базового программного комплекса, реализующего RI-алгоритм, была выполнена Анной Калининой. Эти исследования легли в основу ее кандидатской диссертации, успешная защита которой поставила под сомнение закон сохранения массы, открытый Михаилом Ломоносовым: масса таинственной жидкости, переданной в крупной таре Анной умельцам из ЦАГИ за изготовление прекрасных плакатов, существенно превысила суммарную массу последних вместе с технологической оснасткой.

С другой стороны, защита диссертации явилась ярким свидетельством справедливости мысли того же великого ученого, что «*Может собственных Платонов и быстрых разумом Невтонов земля российская рождать*» (в данном случае — в лице представительниц лучшей половины человечества).

Хотел бы отметить еще одно (из многих) достоинство Ани: она — мастер спорта по гребле и кандидат в мастера по спортивному ориентированию. Последнее качество (способность быстро ориентироваться в сложной ситуации и находить из нее выход) не раз выручало ее, в чем судьба предала случай убедиться и мне. Однажды, в начале 1980-х, я с несколькими своими коллегами, включая и Калинину, был приглашен в Киев на международную конференцию по нелинейным колебаниям.

Для ее участников в качестве одного из элементов культурной программы было предусмотрено посещение пещер, находящихся на территории Киево-Печерской лавры. В силу какого-то недосмотра организаторов мы вместе с несколькими соотечественниками оказались в одном

автобусе вместе с иностранцами и, соответственно, в составе общей с ними группы, которую экскурсовод вел по слабо освещенным свечами подземным ходам.

В какой-то момент возникла непредвиденная задержка, и в этом месте группа разделилась: основная масса (в том числе и я) продолжала движение вместе с экскурсоводом, а часть иностранцев свернула, следуя за Аней, в какой-то боковой коридор (в тот момент я этого, естественно, еще не знал). То, что произошло ЧП, выяснилось несколько позже, когда основная



часть группы уже стояла около автобуса и, переминаясь с ноги на ногу, ожидала нескольких своих собратьев.

С каждой минутой обстановка накалялась. Руководительница, ответственная за «мероприятие», в волнении кусала губы, при этом цветовая гамма открытых частей ее эффектной фигуры причудливо изменялась. Драматизм ситуации усугублялся тем, что среди отсутствовавших туристов была одна молодая особа из категории VIP — **дочь какого-то греческого миллионера (нет, не Онассиса!)**. Словом, назревал международный скандал. Но тут вдруг в поле зрения появилась Аня, шествовавшая во главе группы, отставшей от основного коллектива, члены которой следовали за ней гуськом, как утята за своей мамой-уткой при переходе через шоссе в телепередачах Дроздова «В мире животных».

Все вздохнули с облегчением. Руководительница вышла из своего коматозного состояния. В общем, инцидент был исчерпан, что лишний раз подтвердило: «Анина способность к ориентированию — это великая сила!»

Конечно, ориентирование — это далеко не главное. Об Ане можно было бы сказать еще много хороших слов, но мой язык слишком беден, и лучше я выражу свои мысли строками из стихотворения Давида Самойлова «Названья зим», которое я презентовал Ане в один из важных для нее зимних дней:

*«...И были дни, и падал снег,
Как пухлый пух земли туманной...
А эту зиму звали Анной,
Она была прекрасней всех».*

Валерий Лебедев

Скажу теперь несколько слов еще об одном члене нашего коллектива, участвовавшего в разработке **RI-алгоритма**, — Валерии Лебедеве. Он и Калинина были теми единственными двумя сотрудниками отдела № 10 ЦНИИМаш, с которыми мы практически вместе начинали работу (в области РКТ) и вместе заканчивали в другом коллективе, унаследовавшем многие традиции этого замечательного отдела, пока жизнь не разбросала нас в разные стороны.

К счастью, это случилось уже много лет спустя после описываемых событий. Валерий Лебедев, первым из членов коллектива разработчиков **RI-алгоритма (обо мне речь не идет)** защитил кандидатскую диссертацию, включавшую целый ряд теоретических и прикладных аспектов этого алгоритма, вошедших потом в наши совместные публикации. С ним нас связывают многолетние взаимоотношения, не только творческие, но и дружеские. Их началу в немалой степени способствовал и тот факт, что Валерий Лебедев был одним из близких друзей Вити Рогового.

Прекрасная физико-математическая подготовка, которую получил Валерий в МФТИ, и острый, критический ум всегда делали его незаменимым участником любой из новых сложных работ, за которые мы брались в своем коллективе. Примером может служить его обширный личный творческий вклад в исследование и обоснование математических моделей, описывающих динамику твердых тел с учетом возмущающего влияния вихревых токов и вихревых движений жидкости, которое я имел в виду, говоря «*секрет в вихрях*».

Эта работа, в которой участвовал и Александр Мытарев, имела ряд интересных практических приложений. На ее базе была также написана монография трех авторов, упомянутых выше (Вихревые процессы и динамика твердого тела. Задачи динамики космических аппаратов и систем на магнитной подвеске. М.: Наука, 1992).

Через два года эта монография была опубликована на английском языке голландским издательством «*Kluwer Academic Publishers*». Само название говорит о том, что нам удалось найти сюжетную стержень, позволивший объединить в рамках единого механико-математического формализма совершенно различные, казалось бы, физические явления. Одной из нетривиальных особенностей упомянутой книги было то, что наряду с теоретическими методами исследования динамики сложных дискретно-континуальных систем, как аналитическими, так и численными, в ней были широко представлены и экспериментальные методы.

Транспортные системы на электромагнитной подвеске

Transrapid International
KRAUSS MAFFEI MBB THYSSEN HENSCHEL



Попытаюсь рассказать немного о скоростном наземном транспорте на электромагнитной подвеске, которым занимался в течение ряда лет наш коллектив. Судьба этого транспорта сложилась (правда, не в нашей стране) более счастливо, чем судьба системы «Энергия – Буран».

Многолетняя совместная работа крупнейших германских фирм, среди которых были и весьма известные авиационные и ракетно-космические (Мессершмитт – Бёлков – Блом, Тиссен – Хеншель, Краусс – Маффей, Симменс и др.), увенчалась созданием скоростной транспортной системы на электромагнитном подвесе *Transrapid-06*, а затем — усовершенствованной систе-

мы *Transrapid-07* (см. фото). Сдвоенный вагон этой системы с массой порядка 120 т может перевозить 196 пассажиров с максимальной эксплуатационной скоростью порядка 400 км/ч при воздушном зазоре между полюсными концевыми электромагнитами и ферромагнитными рельсами около 10 мм.

Завершение всесторонних эксплуатационных испытаний транспортной системы *Transrapid-07* позволило перейти к ее практической реализации. Первый прорыв в этом направлении был достигнут в Китае. Вот что говорится по этому поводу в журнале «*Civil Engineering News*», Febr. 2003:

«Дорога начинается в международном аэропорте г. Шанхая и идет по эстакаде на высоте 13 м до центра Шанхая, имея длину 30 км. Она состоит из двух параллельных линий, предназначенных для движения в двух направлениях. Предполагается, что время в пути, составлявшее раньше при использовании автобуса или такси 45 мин, сократится до 8 мин (при движении со скоростью до 430 км/ч). Реализация демонстрационного проекта стоимостью 1 200 000 дол. началась в марте 2000 года. Одна из двух ниток уже полностью завершена».

Сейчас вся система уже введена в эксплуатацию, став единственной в мире коммерческой межгородской транспортной системой на электромагнитной подвеске (см. фото). Накопленный опыт позволил принять решение о продлении этой дороги до г. Ханчжоу. Общая длина ее составит при этом около 200 км. Строительство предполагается завершить к 2014 году. При этом максимальная скорость должна быть доведена до 450 км/ч, так что время в пути сократится втрое и составит 30 мин.

Вероятно, уместно сказать несколько слов о системе управления электромагнитами левитации и боковой стабилизации транспортной системы *Transrapid-07*.

Мы обсуждали с Вами вопрос о «системе управления» осьминога. Так вот, на системе *Transrapid-07* реализован ее аналог, воплотивший в себе определенные достоинства «осьминожьей» системы, но свободный от основного недостатка, лишившего «Конкурента № 1» шансов на успех в эволюционной гонке.

Итак, с одной стороны, каждый электромагнит (а их более сотни) снабжен своей автономной системой управления (комбинацией аналоговой и микропроцессорной); с другой стороны, имеется центральный процессор, изменяющий уставки, передаваемые на каждую из автономных систем, в соответствии с заданной программой, режимом движения (разгон, торможение) и долгопериодическими возмущениями.

В последние годы активно разрабатываются в ряде стран космические крылатые системы с горизонтальным стартом для вывода пилотируемых и грузовых КА на околоземные орбиты,

о которых писал когда-то К.Э. Циолковский (например, система «Sänger» в Германии, которую я упоминал в начале нашей беседы).

Одна из версий подобных систем, обсуждавшаяся в Японии в середине 1980-х годов, представляет собой оригинальный синтез обоих, казалось бы далеких друг от друга направлений, о которых шла речь: горизонтальный разгон одноступенчатого крылатого КА с ЖРД, работающим на жидком кислороде и жидком водороде, примерно до 500 км/ч с последующим переходом в набор высоты.

Разгон обеспечивается специальной тележкой, имеющей систему магнитной левитации и линейный электропривод, использующие эффект сверхпроводимости. Такая экспериментальная тележка, развившая при испытаниях на трассе протяженностью 7 км скорость 512 км/ч, в Японии существует. Все дальнейшее находится пока на уровне предварительной проработки, однако само появление подобных проектов является весьма симптоматичным.

Скажу несколько слов об экспериментальном вагоне, который был создан и испытан на полигоне в городе Раменское в результате героического труда коллектива сотрудников организации, носящей название Инженерно-научный центр ТЭМП (транспорт электромагнитный, пассажирский), руководителем которой был в течение многих лет недавно ушедший из жизни в расцвете сил Юрий Дмитриевич Соколов; в последние годы ее возглавляет Андрей Александрович Галенко.

Экспериментальный вагон, о котором идет речь, был, в отличие от «Трансрапида», прообразом внутригородского скоростного транспорта и транспорта город – город-спутник и город – аэропорт. Он имел массу 12 т и развивал на короткой (~1 км) экспериментальной трассе скорость до 50 км/ч. Автоматически управляемые электромагниты системы подвески обеспечивали устойчивое движение вагона. Они взаимодействовали с рельсами П-образного профиля, выполненными из обычной конструкционной стали.

На отечественном экспериментальном вагоне были применены электромагниты с поперечным замыканием магнитного поля. Это позволило использовать краевые эффекты и обойтись, в результате, без специальной системы боковой стабилизации. Оригинальная система управления электромагнитами левитации была разработана в коллективе Ю.Д. Соколова, как и в Германии, специалистами в области РКТ. При этом впервые в мировой практике модули, включавшие по два магнита, были шарнирно связаны в так называемые электромагнитные лыжи, что обеспечивало более точное слежение за неровностями пу-

тевой структуры и существенно повышало надежность системы подвески в целом. Мне посчастливилось оказаться автором этой идеи.

Система левитации, аналогичная электромагнитным лыжам, была впоследствии применена на системе *Transrapid-07*, тогда как на *Transrapid-06* были использованы не связанные механически электромагниты (боковая стабилизация осуществляется аналогичной электромагнитной системой).

Особо следует сказать о двигателе. На германских системах, упомянутых выше, используется в этом качестве *синхронный* электродвигатель со статором в пути, выполненным из специального шихтованного железа. Это чрезвычайно дорогая конструкция со сложной системой управления. Индуктором в ней служат электромагниты левитации с продольным замыканием магнитного поля.

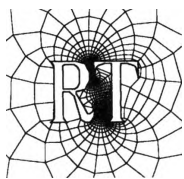
На отечественном вагоне был использован автономный *асинхронный* двигатель с бортовым индуктором и сравнительно дешевой алюминиевой реактивной полосой, расположенной между рельсами. Несколько усовершенствованный вариант этого двигателя был применен впоследствии на первой московской монорельсовой системе.

Не имея возможности перечислить даже главных участников упомянутой обширной работы, назову лишь тех, с кем мне довелось наиболее тесно взаимодействовать. Это — Андрей Александрович Галенко, Семен Михайлович Зельвинский, Леонид Петрович Побережский. Все они, как и Юрий Дмитриевич, — бывшие ракетчики, а Семен Михайлович (выходец из ОКБ-1), к тому же — ученик И. М. Рапопорта. Вот уж, поистине, мир поразительно тесен!

К сожалению, все работы по транспорту на магнитной подвеске, проводившиеся в нашей стране, позволившие разработать оригинальную отечественную концепцию такого рода систем и обосновать ее экспериментально, практически свернуты из-за отсутствия финансирования. Остается только надеяться, что потребности практики рано или поздно придадут им второе дыхание.

Замечу в заключение, что ряд теоретических результатов, связанных с расчетом электромагнитов системы подвески и структуры и параметров системы управления этими магнитами, базировался на оригинальном численном методе конформного отображения (RT-алгоритме). Этот алгоритм, разработанный совместно мною и Юрием Тюриным, явился надежной базой для решения целого ряда прикладных задач математической физики. Работа над RT-алгоритмом была развернута еще в начале 1980-х годов, когда выпускник Физтеха Юра Тюрин был

моим аспирантом, и продолжалась в течение многих лет, оставаясь одним из приоритетных направлений наших исследований общетеоретического характера.



RT-алгоритм

— *Борис Исаакович, нельзя ли рассказать о Вашем RT-алгоритме чуть более подробно, но, желательно, — популярно?*

— Все началось с попытки разработать эффективный инструмент для численного решения некоторых задач, связанных с динамикой транспортных систем на магнитной подвеске. Известные методы нас не удовлетворяли, так как были слишком громоздкими и плохо приспособленными для оперативного решения чисто проектных задач. В первую очередь, это касалось расчета магнитных полей в ферромагнитном магнитопроводе и полей рассеивания, а также — напряженно-деформированного состояния элементов пролетного строения эстакады.

Мы остановились на одном из весьма эффективных методов решения такого рода двумерных задач, основанном на конформном отображении. Поясню, в чем его суть на простейшем примере односвязной области с контуром, образованным замкнутой кусочно-гладкой линией. Область может быть как внутренней, так и внешней по отношению к этой линии.

Центральным моментом является отображение заданной области с помощью некоторой функции комплексного переменного на единичный круг и построение с помощью обратного отображения сетки ортогональных криволинейных координат, «конформно-эквивалентной» сетке полярных координат.

Следующий этап состоит в решении краевой задачи в преобразованной области, что несравненно проще, чем в исходной, имеющей контур сложной конфигурации. Наконец, на заключительном этапе необходимо с помощью обратного конформного отображения перевести полученное решение в исходную область, т. е. придать ему физический характер.

Сложность в том, что существует только ограниченный набор областей, для которых известны аналитические функции комплексного переменного, реализующие отображение на круг и обратное отображение. Для большинства актуальных для практики областей такие функции неизвестны и конструировать их приходится численно.

Существует много методов численного конформного отображения, но они либо являются весьма сложными (в случае областей общего вида) и нуждаются для своей реализации в мощных средствах вычислительной техники, либо требуют ин-

дивидуальной настройки применительно к конкретной области, т. е., так сказать, «штучной работы». При этом задача, как правило, сводится к некоторой проблеме линейной алгебры, связанной с обращением матриц. Ранг этих матриц может быть очень высок, так как зависит от числа учитываемых при отображении точек контура, а это, в свою очередь, определяется желаемым качеством его аппроксимации. Все это порождает при реализации на ЭВМ целый ряд специфических проблем вычислительной устойчивости, потери точности и т. д.

В конце концов после целого ряда неудачных попыток и тупиковых ходов нам с Юрием Тюриным удалось за несколько лет разработать оригинальный численный алгоритм решения задачи, свободный от этих недостатков. Мы назвали его «RT-алгоритм», так как он базируется на двух процедурах, внутренней (R-процедуре) и внешней (T-процедуре).

Воспользуюсь для иллюстрации особенностей нашего алгоритма следующим диалогом персонажей книги Льюиса Кэрролла «Алиса в стране чудес» (М.: Прогресс. 1979):

— *Будьте добры, скажите, пожалуйста, как мне отсюда выбраться?*

— *Многое зависит от того, куда тебе надо добраться, — сказал Кот.*

— *Мне, в общем-то, все равно, куда... — начала было Алиса.*

— *Об этом не беспокойся, — ответил Кот, — иди как можно дальше и в конце концов куда-нибудь да придешь.*

Книга **Alice in Wonderland by Lewis Carroll**, 1855, принадлежащая перу скромного преподавателя математики в Оксфорде, преподобного Чарльза Луитвиджа Джодсона, выбравшего себе литературный псевдоним Льюис Кэрролл, сразу же после появления приобрела огромную популярность не только у детей, но и у взрослых, и была переведена на многие языки, включая русский. Первые ее оттиски с дарственными надписями получили, кроме ближайших друзей автора, такие знаменитости, как Майкл Фарадей и Томас Гексли.

Именно глубокомысленные ответы одного из героев книги Кэрролла, Чеширского Кота (того самого, у которого улыбка существует независимо от него самого) на вопросы маленькой Алисы, могут быть отнесены с некоторыми оговорками к основной идее RT-алгоритма.

Главное отличие заключается в том, что *известно*, куда надо добраться, а сходство — в том, что *не так уж важно, каким путем идти*, и в том, что, как правило, идти приходится довольно долго, так как путь к цели состоит из множества мелких шагов.

Эти шаги основаны на многократном применении вариационного принципа М. А. Лаврентьева, позволяющего конформно отобразить область, близкую к кругу, на круг (вспомните, что я говорил о пользе вариационного исчисления в начале нашей беседы), и стандартной процедуры FFT — *Fast Fourier Transform*, то есть быстрого преобразования Фурье.

По моей просьбе Г. А. Тюлин, в то время — уже профессор мехмата МГУ, представил меня своему коллеге по мехмату, профессору Б. В. Шабату — одному из виднейших специалистов по теории функций комплексного переменного и ее приложениям.

Выслушав мое краткое сообщение об RT-алгоритме, Борис Владимирович сначала отнесся к нашему методу скептически, но довольно быстро изменил мнение, когда я продемонстрировал результаты отображения весьма сложных областей, и высказал мне свое одобрение. При этом в заключение нашей беседы он сказал: *«Странно, что мы с Лаврентьевым до этого не додумались... Впрочем, математик выдумать такое не мог!»* До сих пор не знаю, следовало ли воспринять это как комплимент.

Но, так или иначе, простейшая версия RT-алгоритма для односвязных областей и ее обобщение на двусвязные области, отображаемые на круговое кольцо, были опубликованы мною и Ю.Тюриным в 1983 году в двух номерах журнала «Доклады АН СССР». Статьи были представлены академиком А. Ю. Ишлинским, сразу же высоко оценившим значение нашей работы.

С этим был связан курьезный эпизод. Появившись в кабине А. Ю., чтобы получить его подпись под соответствующим представлением, я застал А. Ю. в процессе лихорадочных сборов к его предстоящему полету в Новосибирск, на празднование сколько-то летнего юбилея академика Лаврентьева. При этом присутствовал заместитель А. Ю. Г. Баренблат, который, непринужденно расположившись в кресле, комментировал, на правах старой дружбы, этот процесс.

Я сразу понял, что выбрал неудачное время для своего визита, но отступать было уже поздно. Звучали комментарии Г. Б. примерно так:

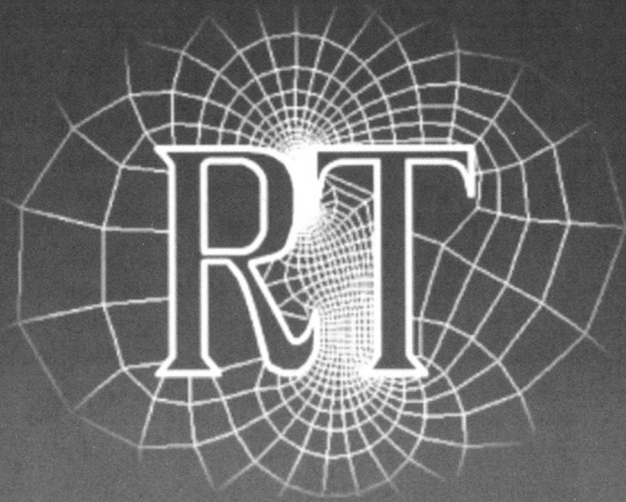
— *Александр Юльевич, наблюдая Ваши сборы, я вспоминаю анекдот, связанный с Теодором фон Карманом, который провозжал в полет кого-то из своих коллег, как я Вас сейчас, но только — через океан, из США в Европу. На вопрос «что там передать?» Карман ответил, пожав плечами: «Передайте там мой привет Ньютону или Эйнштейну, в зависимости от того, с кем раньше встретитесь».*

А. Ю. выслушал это сообщение без всякого восторга, а я, получив его подпись, поспешно откланялся, посылая мысленно к чертям Баренблата вместе с его милыми шуточками.

NUMERICAL METHODS IN FLUID MECHANICS

Boris I. Rabinovich and Yuri V. Tyurin

**Numerical Conformal Mapping
in
Two-Dimensional Hydrodynamics**



SPACE RESEARCH INSTITUTE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

Numerical Conformal Mapping in Two Dimensional Hydrodynamics &

Related Problems of Electrodynamics and Elasticity Theory

by

BORIS I. RABINOVICH and YURI V. TYURIN

**Space Research Institute Russian Academy of Science
Moscow, 2000**

Contents

Preface

Introduction

Brief description. Two-dimensional boundary-value problems of continuum mechanics and electrodynamics and conformal mapping. Examples of interior and exterior boundary-value problems of hydrodynamics. Numerical conformal mapping.

Chapter 1. Lavrentiev Variational Principle and Auxiliary Transformations

Lavrentiev variational principle and representation of mapping functions by Taylor and Laurent series. Construction of the image of variation of an arbitrary contour on a unit circle. Preliminary analytical transforms. General formulation of linear boundary-value problems for simply and doubly connected domains.

Chapter 2. RT-Algorithm for Conformal Mapping of an Arbitrary Domain onto the Unit Circle and of a Doubly Connected Domain onto the Annulus

General idea and informal description of the RT-algorithm. Mapping of a quasi-circular domain onto a circle (R-procedure). Mapping of an arbitrary simply connected domain onto the unit circle and of a doubly connected domain onto the annulus (T-procedure). Convergence of the RT-algorithm. Methodological examples.

Chapter 3. Exterior Problems of Hydrodynamics

Two-dimensional flow problems: Complex potential and formulas of Blasius-Chaplygin and Kutta-Joukowski. Electrostatic and magnetostatic analogies. Complex potentials. Examples of electric and magnetic fields. Unsteady two-dimensional motion of a contour without circulation. Solution of a boundary-value problem for complex potentials. Circulatory flow past two contours. Flow about a contour near a rectilinear boundary. A wing in motion near the ground. General problem on the flow about two contours. Vortices in the Jovian atmosphere. Slatted wing. Generalization to multiply connected domains. Flow about a lattice made of a single row of contours. Airfoil cascade. Flow around a contour with two sharp edges in the presence of two free vortices. Conjugate-vortex method.

Chapter 4. Interior Problems of Hydrodynamics

Stokes-Joukowski problem. Interior boundary-value problems of fluid dynamics for moving cavities. Two-dimensional boundary-value problems. Complex velocity potential and associated moments of inertia of liquid. The Saint-Venant problem as an analog of the two-dimensional Stokes-Joukowski problem. Examples of solving the Stokes-Joukowski and Saint-Venant problems. The axisymmetric cavity. Prediction of circulatory flows of liquid in closed domains. An example of calculating of the associated moment of inertia in the presence of local vortex regions.

Chapter 5. Liquid Sloshing in Cavities

Boundary-value problems of fluid dynamics in cavities and equations of disturbed motion of the body-liquid system. Natural oscillations of a liquid within vertical cylindrical cavities. Model problems. Oscillations of liquid in cavities in the form of bodies of revolution. Natural oscillations of liquid in horizontal cylindrical cavities. Shallow water approximation. Numerical experiments. Certain generalizations.

Conclusions, Bibliography, Index

Permanent addresses for communication

E-mail: vpokhor@iki.rssi.ru, bir@iki.rssi.ru; tyurin@vpc.ru

Fax: +7 (095) 313-5645

Web site: http://www.iki.rssi.ru/people/br_cw.htm

NUMERICAL METHODS IN FLUID MECHANICS



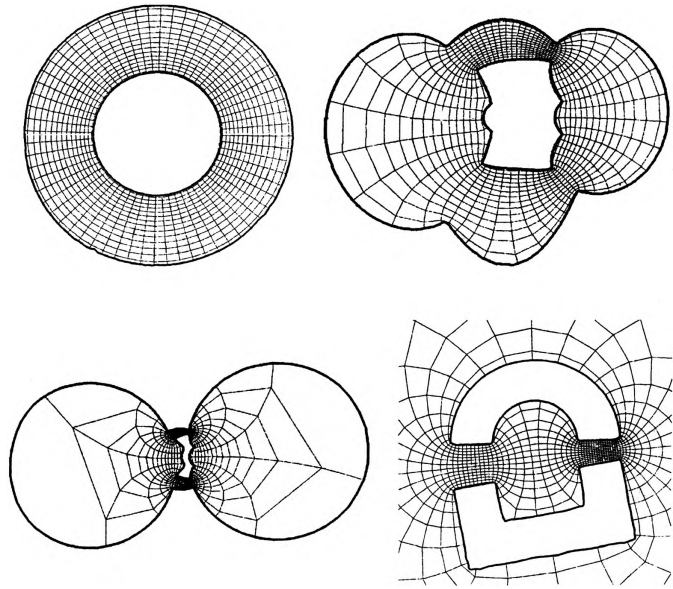
This book presents a new numerical method of conformal mapping (the RT-algorithm) based on the R and T procedures. Solutions to problems for this method are given for arbitrary simply connected and doubly connected domains with piecewise-smooth contours. The

RT-algorithm is used to solve two-dimensional problems of different branches of continuum mechanic, including hydrodynamics, electrodynamics, and elasticity theory.

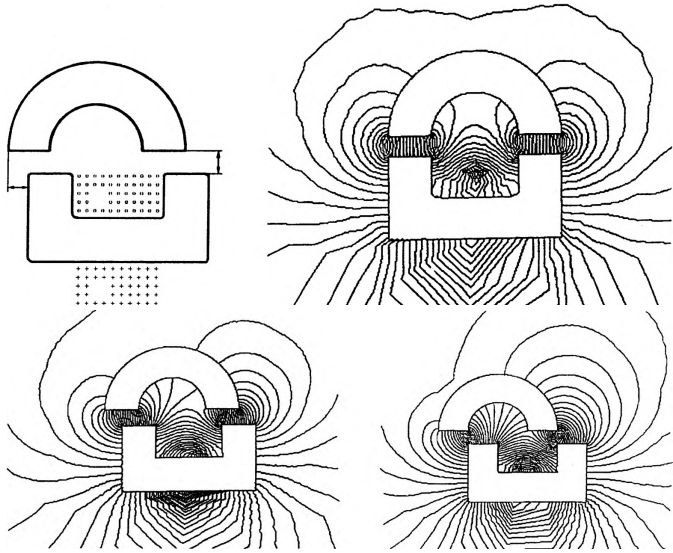
The book encompasses a wide range of numerical methods and computer techniques, including computer graphics. Problems analyzed are at the forefront of applied problems in modern technology.

Solutions to boundary-value problems on the unit circle and circular annulus are obtained by systematic use of Taylor and Laurent series, the Ritz method, Finite Elements, and the Conjugate-Vortex method. Analytical solutions and experimental data are used to verify results of the numerical computations obtained by the RT-algorithm.

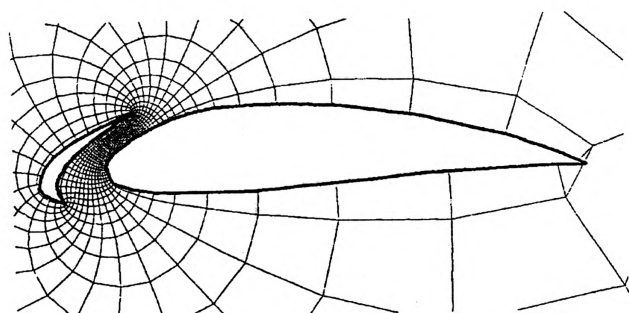
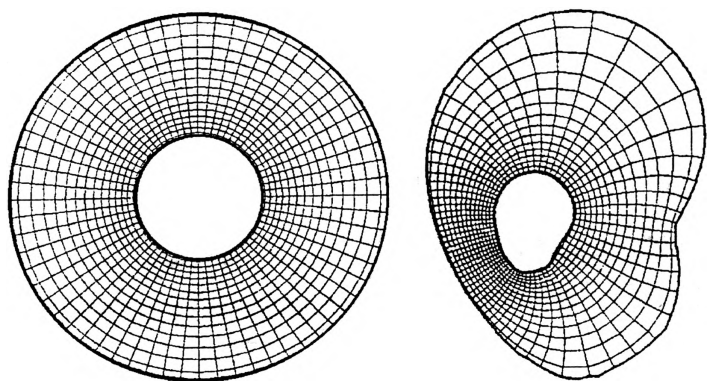




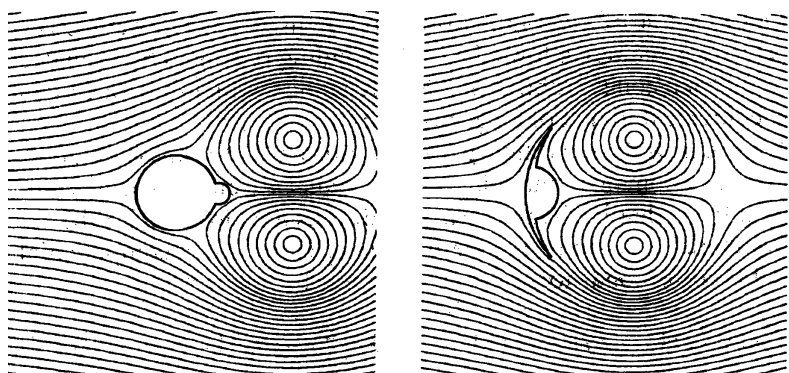
Постоянный магнит (притяжение). Силовые линии и эквипотенциали



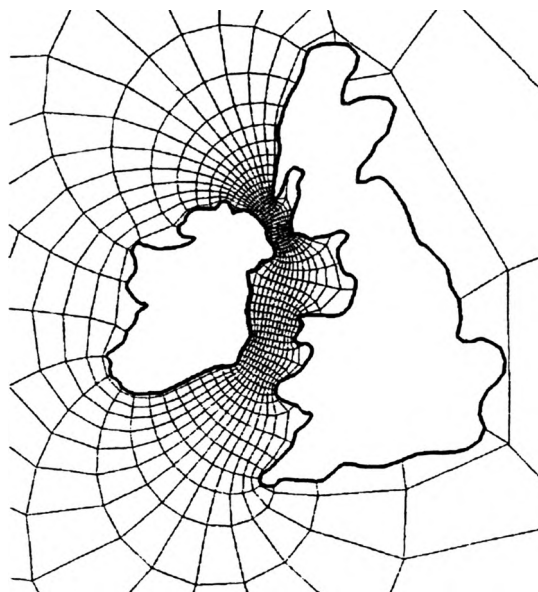
Электромагнит (притяжение). Силовые линии



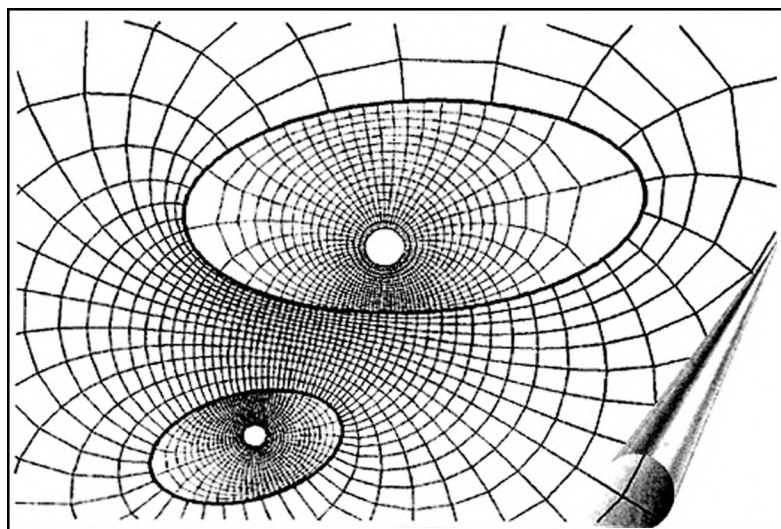
Циркуляционное обтекание крыла с предкрылком.
Линии тока и эквипотенциали



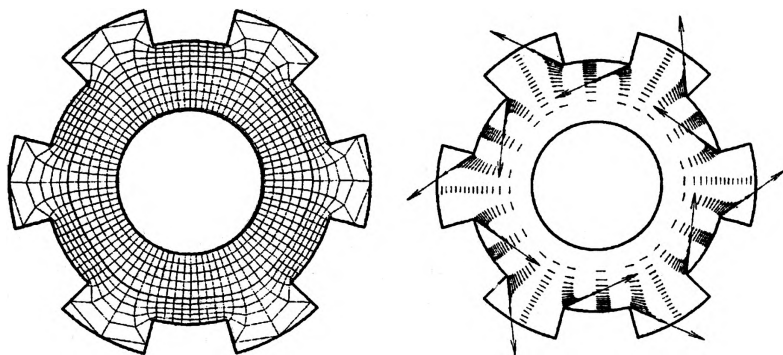
Обтекание аэродинамического тормоза КА в атмосфере
планеты при наличии присоединенных вихрей. Линии тока



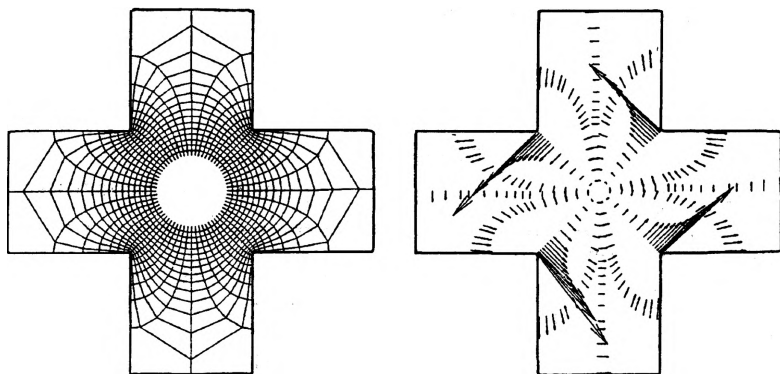
Течение в Северном канале, в Ирландском море и в канале Святого Георга. Линии тока и эквипотенциали



Модель вихрей в атмосфере Юпитера
(большой из них — это «Красное пятно»)



Кручение круглого вала со шлицами. Касательные напряжения



Кручение бруса крестообразного сечения. Касательные напряжения

Наш RT-алгоритм, претерпевший за последующие годы целый ряд изменений и усовершенствований, превратился в эффективный инструмент для решения широкого спектра двумерных задач теории упругости, гидро- и аэромеханики, океанологии, электро- и магнитостатики. На рисунках представлено несколько примеров, иллюстрирующих возможности RT-алгоритма.

На первой картинке продемонстрированы последовательные этапы реализации RT-алгоритма на примере плоской задачи магнитостатики. На последующих представлены примеры применения RT-алгоритма в задачах аэродинамики, океанологии и теории упругости.

— *Б. И., Если я Вас правильно понял, Вы можете с помощью Вашего RT-алгоритма прямо таки творить чудеса, решая самые различные практические задачи. Не так ли?*

— На это я отвечу цитатой из известного романа Михаила Булгакова: *«Ни в коем случае, — ответил Воланд, — дело в том, дорогая королева, что тут произошла маленькая путаница. Каждое ведомство должно заниматься своими делами, хотя не спору, наши возможности довольно велики, они гораздо больше, чем полагают некоторые, не очень зоркие люди...»*

Творить чудеса — это не моя прерогатива — оставим ее Воланду. А, если говорить серьезно, то возможности RT-алгоритма действительно *гораздо больше, чем полагают некоторые, не очень зоркие люди*. В частности, мне неизвестен численный алгоритм, который позволил бы решить даже на самых современных РС в обозримое время и с такой же точностью, как RT-алгоритм, задачи типа тех, которые представлены на рисунках.

О широких возможностях комплекса **RT-Soft при применении** его к областям самой сложной конфигурации можно судить по тому факту, что максимальное количество точек, которые можно задать на контуре области, составляет 1024, а максимальное число членов ряда Фурье, используемого для аппроксимации вариации контура на каждом шаге, равно 129 (оба эти числа были ограничены только возможностями ультраскроменого, по нынешним временам, компьютера PC AT 386/387, который первоначально использовался).

Добавлю, что RT-алгоритм прошел тестирование на целом ряде примеров путем сравнения с точными решениями и с решениями, полученными другими численными методами, а также с результатами экспериментов, и широко использовался в практических расчетах — в частности, при проектировании экспериментального вагона на электромагнитной подвеске, о котором я говорил выше.

Доведение нашего любимого детища — RT-алгоритма до высокого уровня отработки и создание соответствующего программного комплекса, реализующего алгоритм на РС, потребовало более десяти лет работы, в которой, кроме меня и Юрия Тюрина, участвовало еще четыре человека. Усилиями этого коллектива был создан базовый программный комплекс **RT-Soft**, включающий большое количество сервисных программ. Решение серии прикладных задач осуществлялось членами того же коллектива параллельно с разработкой соответствующего математического обеспечения.

Назову героев всей этой эпопеи, без целеустремленности, энтузиазма и самоотверженности которых выполнить всю огромную работу было бы невозможно. Это — Юрий Тюрин, Рудольф

Ашкинази, Александр Левянт, Аркадий Лившиц, Евгений Соколин. В работе активно участвовали на различных ее этапах также Владимир Чуднов, Виктор Неварко и Александр Рабинович.

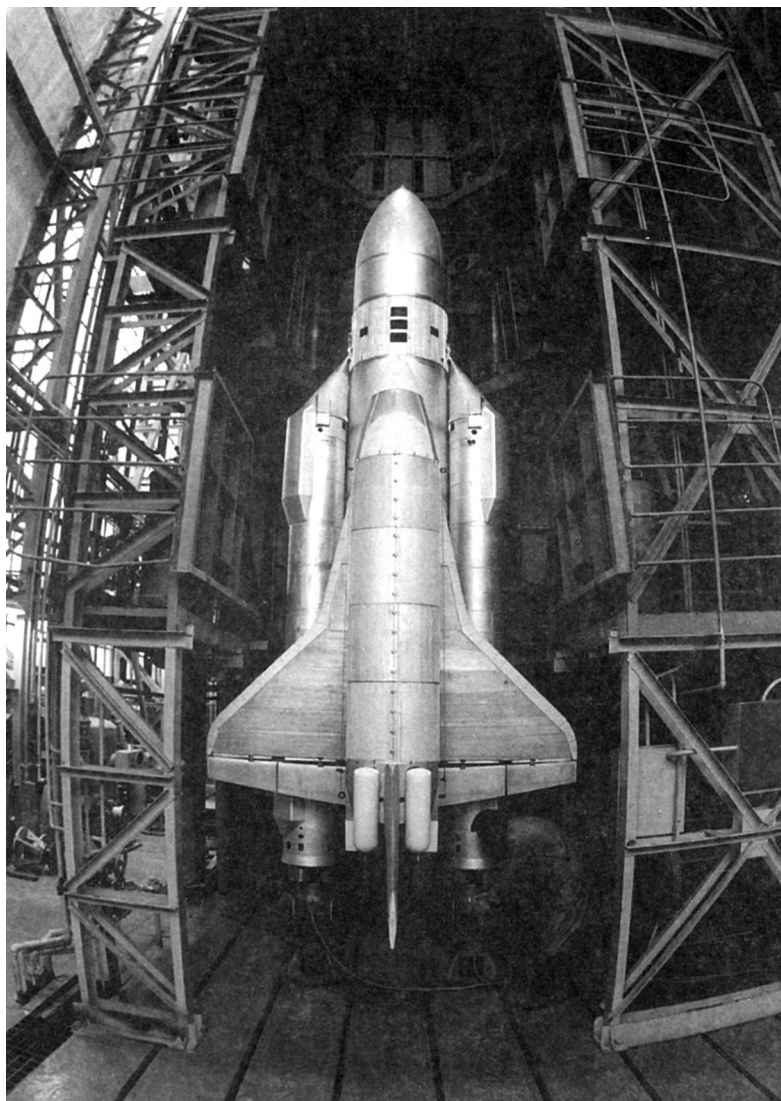
Выше был приведен ряд примеров применения RT-алгоритма в области механики сплошных сред и магнитостатики. Решения задач обтекания и задач магнитостатики были получены Юрием Тюриным и Рудольфом Ашкинази, внутренних задач гидродинамики (при наличии присоединенных вихрей) и теории упругости — Аркадием Лифшицем и Евгением Соколиным, задач о колебаниях жидкости в водоемах с акваторией сложной конфигурации — Александром Левянтом. Все эти задачи были достаточно сложными, и их решение потребовало большого искусства, основанного на тонком владении инструментом, о котором идет речь.

Замечу, что за много лет до наших дней искусные мастера также работали, используя инструменты, изготовленными ими самими. Правда, в те далекие времена их деятельность, мягко говоря, далеко не всегда получала поддержку «компетентных органов». Вспомним, например, Галилео Галилея с его самодельным телескопом и «теплое» (слава богу — не «горячее») отношение к нему отцов церкви.

В стенах ИКИ мы с Юрием Викторовичем сумели продолжить нашу многолетнюю деятельность по RT-алгоритму, результатом явилась монография *Boris I. Rabinovich, Yuri V. Tyurin. Numerical Conformal Mapping in Hydrodynamics. The Problems of Fluid Mechanics, Electrodynamics and Elasticity Theory. M.: Space Research Institute of Russian Academy of Sciences, 2000*, изданная в ИКИ на английском языке (см. вкладку), из которой заимствованы иллюстрации, приведенные выше.

В связи с этим не могу не вспомнить добрым словом издательство «Машиностроение», с которым я сотрудничал, начиная с 1964 года, и в котором вышли в свет все мои монографии по динамике объектов с жидким заполнением (как жестких, так и упругих), написанные мною лично и в соавторстве с Г. Н. Микишевым.

Хотел бы упомянуть, в первую очередь, бессменного главного редактора литературы по авиации и космонавтике Льва Абрамовича Гильберга и человека № 1 в области издания литературы по космонавтике Олега Сергеевича Родзевича. Я благодарен им обоим за неизменно внимательное и доброжелательное отношение не только к моим скромным трудам, но и трудам моих коллег и учеников, которые я рекомендовал к изданию в издательстве «Машиностроение».



«Энергия – Буран», конструктивно-подобная модель. Масштаб 1:10



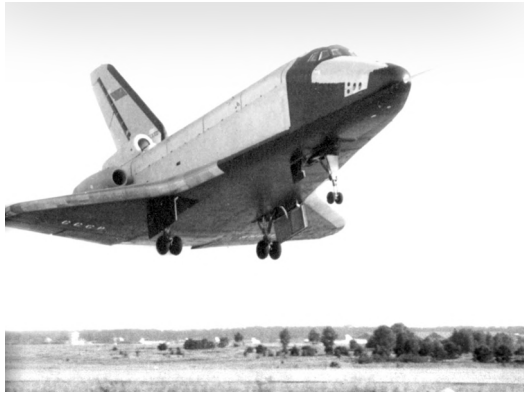
Космический комплекс «Энергия – Буран» на стартовой позиции



Р. Л. Бартини



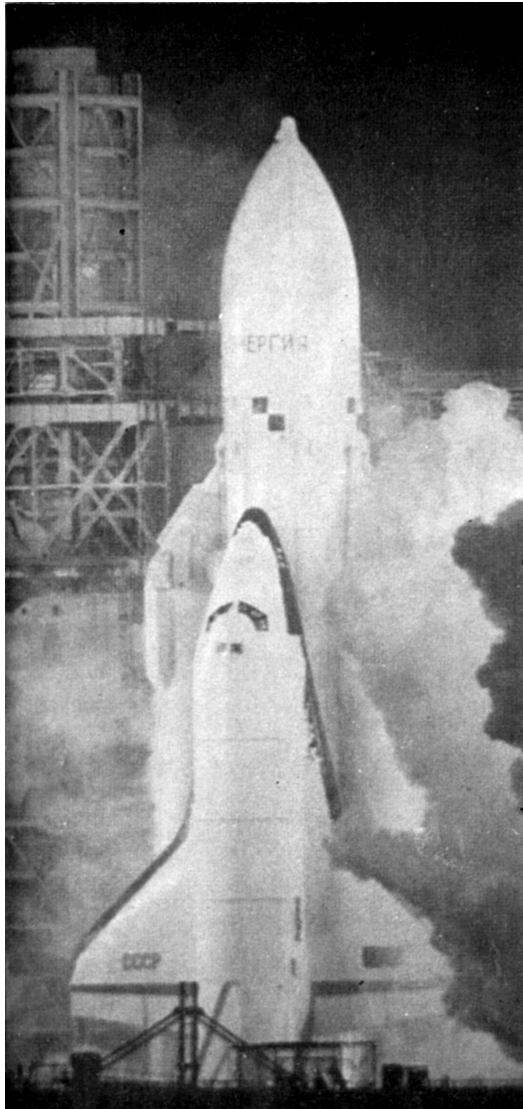
Н. С. Черняков



Аналог «Бурана» на взлете



Г. Е. Лозино-Лозинский



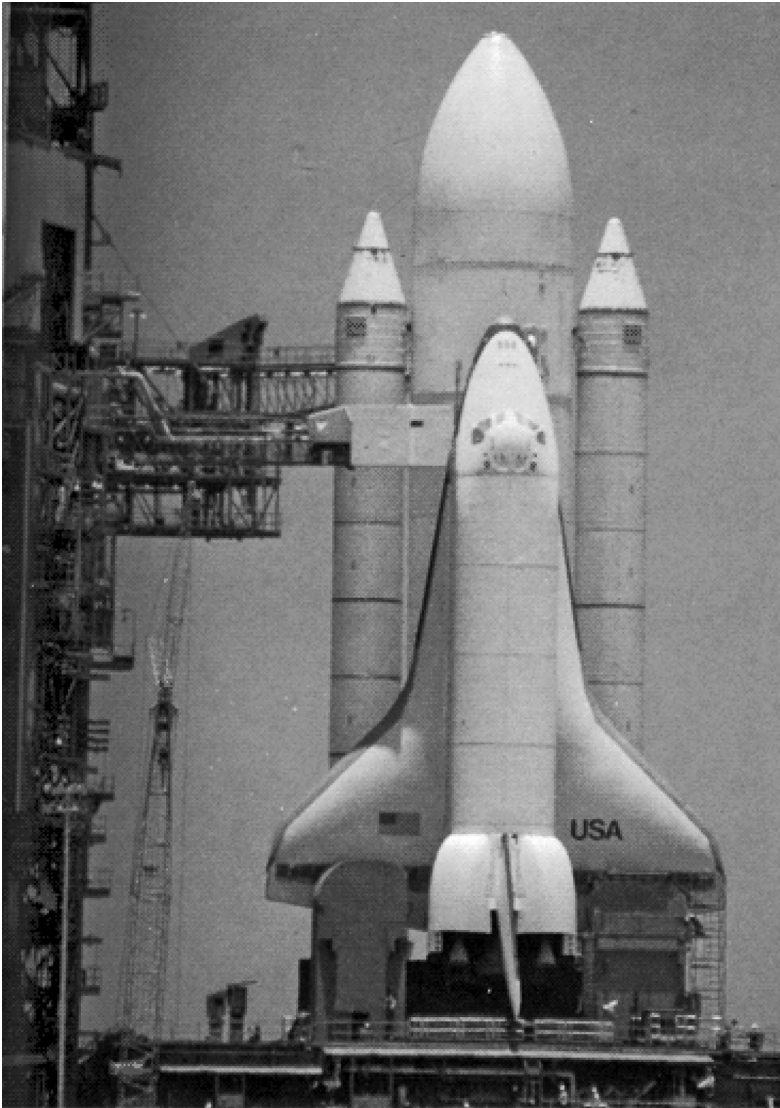
Старт «Энергии – Бурана»



С С. Л. Цыфанским, изобретателем «Молотка Цыфанского», применявшегося при дефектоскопии панелей крыла «Бурана», г. Ташкент



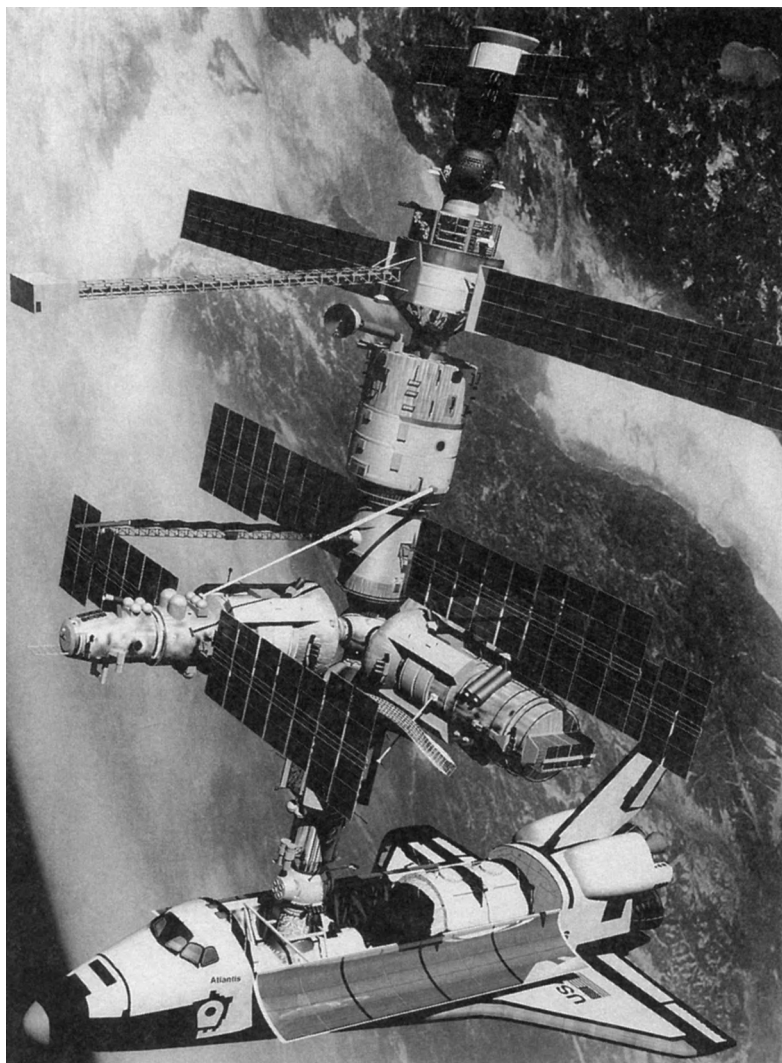
С Р. Е. Лампером, участником работ по «Бурану» в СибНИА им. С. А. Чаплыгина, и В. С. Неварко. Прогулка по Оби, г. Новосибирск



Space Shuttle на стартовой позиции



Старт Space Shuttle



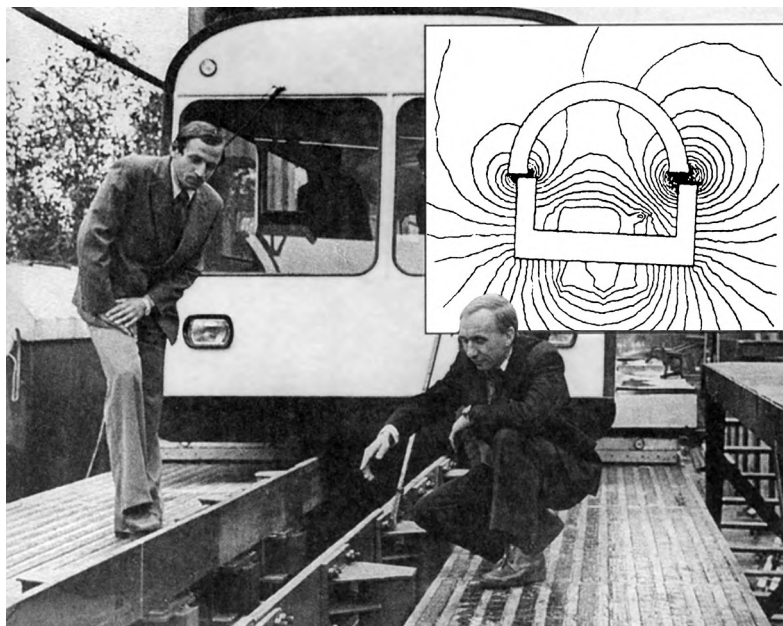
Стыковка орбитального корабля системы *Space Shuttle* со станцией «Мир»



Трансрапид 07



Трансрапид 07 на трассе г. Шанхай – аэропорт



А. А. Галенко и Ю. Д. Соколов на фоне экспериментального вагона на магнитной подвеске. Силовые линии магнитного поля



Л. П. Побережский



В 1980-е годы

«НА ДАЛЕКОЙ АМАЗОНКЕ
НЕ БЫВАЛ Я НИКОГДА.
НИКОГДА ТУДА НЕ ХОДЯТ
ИНОСТРАННЫЕ СУДА.
ТОЛЬКО «ДОН» И «МАГДАЛИНА» —
БЫСТРОХОДНЫЕ СУДА, —
ТОЛЬКО «ДОН» И «МАГДАЛИНА»
ХОДЯТ ПО МОРЮ ТУДА.

...

ПЛЫВУТ ОНИ В БРАЗИЛИЮ,
БРАЗИЛИЮ,
БРАЗИЛИЮ,
И Я ХОЧУ В БРАЗИЛИЮ —
К ДАЛЕКИМ БЕРЕГАМ».

Редьярд Киплинг



Остров в океане



«Из зимы в лето»

— *Вы неоднократно бывали за рубежом. А как это произошло в первый раз?*

— Начало отсчета надо отнести к 1966-му году, когда я попал в качестве туриста на теплоход «Русь», совершавший рейс под интригующим названием «Из зимы в лето». Фактически за этой вывеской скрывалось путешествие из Владивостока к экватору и обратно, без захода в порты и, следовательно, без необходимости получать иностранные паспорт и визы. Последнее обстоятельство имело решающее значение, так как я тогда работал в НИИ-88 и ни о каких заграничных поездках в те годы не мог и мечтать.

О конкретных планах судоводителей в рекламном проспекте говорилось весьма туманно. Основной упор делался на обширную развлекательную программу на территории палубы, правда включавшей два бассейна. Во время предварительного собеседования с потенциальными участниками были какие-то глухие намеки на возможность высадки на необитаемые острова в районе экватора или, по крайней мере, на коралловые рифы. Все это звучало не слишком убедительно. Однако я решил рискнуть и не пожалел об этом.

Корабль «Русь» был построен в Германии на верфях города Бремерсхафен в 1924 году, т. е. являлся моим ровесником. Достался он нашей стране, по-видимому, в счет репараций. Имея водоизмещение порядка 7500 т, «Русь» приняла на борт около 350 туристов, представленных тремя довольно четко выраженными группами: люди из «почтовых ящиков», вроде меня, усмотревшие в этом рейсе единственную возможность повидать мир,

хотя бы с палубы корабля; дамы неопределенного возраста — традиционные завсегдатаи разных неординарных мероприятий, о которых они потом рассказывают в своих салонах; трудящиеся Дальневосточного края и северных губерний, включая Магаданскую область и остров Сахалин. Основная задача, которую ставили перед собой последние, — погреться зимой на летнем солнце и культурно выпить; обе эти возможности многими из них были реализованы в ходе рейса в полном объеме.

Выйдя из Владивостокской бухты 1 марта и, миновав остров Аскольд, «Русь» долго расталкивала носом плавучий лед. Но уже через несколько дней, когда мы, пройдя Цусимский пролив, а затем, миновав Японские острова, взяли курс прямо на юг, началось, как и было обещано, настоящее лето. Ясное небо, все выше поднимающееся в полдень солнце, летучие рыбы, выскакивающие из воды и долго планирующие над волнами, дельфины, стремительно мчащиеся вдоль борта наперегонки с судном...

А волшебные закаты, когда огромное багрово-красное солнце тонет в безбрежном океане! Небо на горизонте, потемневшее после этого на несколько минут, постепенно начинает снова разгораться, и вот оно уже полыхает, демонстрируя фантастическую гамму сменяющих друг друга цветов: лимонно-желтый, даже чуть зеленоватый, розовый, алый, фиолетовый. Никогда, ни до, ни после, мне не доводилось видеть такой феерии красок.

Главным событием было то, что, проследовав мимо Филиппинских островов, мы пересекли экватор и стали на якорь вблизи этой невидимой линии. Традиционный праздник Нептуна был проведен с большим размахом и достоин отдельного описания. Однако впереди нас ждали еще две стоянки в районе экватора: недалеко от кораллового острова с экзотическим названием Пенгчики-Бесар и у обширного скопления коралловых рифов, входящих в архипелаг Тамбелан.

Все эти части суши находились в территориальных водах Индонезии, к берегам которой мы и направились, заручившись благословением Нептуна, подтвержденным официальным документом (копии были вручены каждому туристу). Кульминацией, бесспорно, стала длительная (в течение трех с половиной суток) стоянка около упомянутого тропического острова. За это время все туристы были доставлены на берег на моторных ботах, вмещающих по 25 человек, причем каждой группе отводилось на посещение острова около четырех часов.

Тут уж было, о чем потом вспомнить: и неопишное яркосинее, кристально прозрачное море, и сверкавший на солнце ослепительно белый пляж из кораллового песка, с подступившими к нему кокосовыми пальмами. Но главное — это был, конечно, ни с чем не сравнимый, сказочно красивый, подводный

мир. Для более детального ознакомления с ним у нас был припасен кое-какой инвентарь.

Говорю «у нас», так как к этому моменту я уже выступал в тандеме с коллегой Львом Ривлиным, одержимым теми же идеями, что и я, «в миру» — сотрудником одного из Московских «почтовых ящиков». Обладая одинаковым классовым сознанием, мы легко нашли общий язык при планировании операции «Остров». Единодушно наплевав на все категорические запреты, касавшиеся плавания в прибрежных водах вообще и нырянья в особенности, мы тайно захватили с собой тот инвентарь, который я упоминал, к сожалению, не включавший акваланги, а только ласты, маски и дыхательные трубки, и использовали его по прямому назначению.

Со Львом мы познакомились еще в самолете, во время перелета Москва – Владивосток, и с той поры мы дружим уже много лет. С ним мы совершили не одно совместное путешествие (о последнем речь впереди), но это первое оставило в памяти наиболее глубокий след.

Высадившись на остров и быстро сориентировавшись на местности, мы прошли вдоль берега в район, куда не проникали наши попутчики, оседавшие в основном на уникальном коралловом пляже. Этот район обладал двумя достоинствами: не просматривался с борта «Руси» и имел обрывистый берег, круто уходивший в темно синюю глубину. Вдоль этого крутого склона, покрытого кораллами всех мыслимых и немыслимых форм и цветов и заселенного тропическими рыбами самых фантастических расцветок, мы ныряли до полного бесчувствия. Вернувшись на родную «Русь», мы потом целую неделю отмывали и обрабатывали свои трофеи и медленно прокручивали в сознании все детали нашей эскапады.

Спасибо отчаянному капитану «Руси», который решился, как мы потом узнали, на свой страх и риск, осуществить описанную десантную операцию! Эпитет «отчаянный» использован здесь не случайно, так как этой операции предшествовал довольно неприятный для капитана эпизод.

Один из наших туристов — тридцатилетний выпускник биолого-почвенного факультета МГУ, Анатолий Гейченко, поздно вечером 8-го марта, когда мы проходили на расстоянии нескольких миль от острова Минданао (один из крупных островов Филиппинского архипелага. — А. Б.), сбежал с корабля... *(Не мог выбрать другой день! Поистине для некоторых людей нет ничего святого!)*

Как показало последующее расследование, он к тому же умыкнул две казенные простыни. Предвосхищаю Ваш недоуменный вопрос о том, для чего вообще Гейченко понадобились

в океане простыни. Ответ на него был найден учеными из «почтовых ящиков», наделенными незаурядной профессиональной смекалкой: для того, чтобы бесшумно спуститься из иллюминатора своей каюты до поверхности удивительно спокойного по случаю женского праздника океана, создав тем самым предпосылки для последующего использования плавсредства (предположительно надувной резиновой лодки, припасенной на сей предмет, по-видимому, еще в Москве — заранее обдуманное преступное намерение!).

Дальнейшая судьба Гейченко, успешно ускользнувшего от челюстей акул, как компетентных (сухопутных), так и некомпетентных (океанских), и благополучно добравшегося до берега, не представляет особого интереса. А вот для капитана вся эта история явилась серьезным проколом, так как капитан на корабле по определению несет ответственность за все происходящее на борту.

Что касается меня, то, подводя итоги, формально могу теперь говорить, что рейс «Из зимы в лето» доставил мне возможность впервые ступить обеими ногами на суверенную территорию иностранного государства, а именно, Индонезии. Но главное заключается, конечно, в пережитом эмоциональном взлете, память о котором, вероятно, останется «на всю оставшуюся жизнь».

— *Какие впечатления Вы вынесли от последующих посещений «заморских весей и далей»? В частности, что показалось Вам наиболее интересным в учебной и научной деятельности Ваших зарубежных коллег?*

— Мне действительно посчастливилось побывать и даже поработать в некоторых зарубежных вузах и посетить различные научно-исследовательские учреждения, а также выступать на ряде научных форумов. Я читал лекции в Миланском Политехническом институте (Италия) и выступал с докладами в Университете Британской Колумбии в Ванкувере (Канада), в Университете Балеарских островов (Пальма де Майорка, Испания), в Технионе (Хайфа, Израиль), в Технических Университетах Линца и Вены (Австрия), в Университете штата Квинсленд (Австралия). Мне довелось посетить Аэродинамический центр Эймса и один из научных центров фирмы ИВМ в районе г. Сан-Хозе (США) и знаменитый авиационный музей в Сиэттле (США), в котором особенно хорошо представлена продукция фирмы Боинг. При этом пришлось общаться как с профессорами и преподавателями вузов, так и с учеными, работающими в промышленности или научно-исследовательских организациях.

У меня сложилось впечатление, что мы превосходим средний уровень своих зарубежных коллег в смысле широты и глу-

бины общей подготовки и оригинальности подходов к проблемам (бедность поощряет изобретательность), но уступаем им в некоторых узких областях и бесконечно отстаем в смысле вычислительной базы и организации труда, не говоря уже о самих производственных помещениях и окружающем их ландшафте. Нелишне, впрочем, отметить и тот факт, что средняя зарплата, например, профессора Миланского Политехнического института на порядок превышает (если исчислять ее в долларах США) среднюю зарплату профессора ведущего вуза России.



Институт механотроники и НИИ ПММ

— *Мне, так же как и Вам, не раз доводилось бывать в хорошо известном Томском НИИ ПММ. Было бы любопытно взглянуть Вашими глазами на это научное учреждение и на аналогичное западное...*

— О научно-исследовательских институтах — отечественных и зарубежных — так или иначе связанных с вузами, и об организации работы в этих институтах я могу рассказать подробнее.

Имеет смысл сравнить с отечественным НИИ ПММ Институт механотроники, входящий в Технический университет в городе Линце (с этим Институтом и с загадочным термином «механотроника» я познакомился во время визита в Австрию). Институт механотроники представляет собой достаточно самостоятельное учреждение в составе Технического университета Линца. Он занимает отдельное здание, ведет параллельно учебный процесс и выполняет научно-исследовательские работы, как по заказу промышленных фирм, так и инициативного характера.

Соответственно финансирование складывается из двух частей: государственного и частного (последнее — от фирм-заказчиков). Четырех- или пятиэтажное здание было отобрано во времена денацификации у расположенной по соседству со всеми своими производственными площадями металлургической фирмы *Voest-Alpine*. Фирма эта входила в концерн Германа Геринга, и ее заводы были построены этим концерном, что считалось, мягко говоря, не лучшей рекомендацией в послевоенной Австрии.

Институт механотроники появился существенно позднее, и отношения его с металлургической фирмой самые наилучшие: та исправно снабжает Институт заказами, Институт фирму — результатами решения поставленных перед ним конкретных технических задач. Кроме того, многие способные выпускники Технического университета, прошедшие через Институт механотроники, попадают на фирму *Voest-Alpine* в качестве инженеров-исследователей.

Эта схема очень похожа на ту, которая когда-то реализовывалась во взаимоотношениях Московского Физтеха с ЦНИИМаш и НИИ ПММ в Томске с некоторыми промышленными КБ. Институт механотроники состоит из трех отделений, каждое из которых занимает целый этаж: механики деформируемого твердого тела, электрогидравлических систем и аэро- и гидромеханических систем и теплообмена.

Что такое «механотроника» никто толком объяснить не мог — пожалуй, это нечто вроде науки об управляемых электро-механических и электрогидравлических системах. В подвале размещаются экспериментальные установки, используемые для исследовательской работы и проведения лабораторных занятий со студентами. Каждое отделение обладает большой степенью автономии. Возглавляет его профессор, так сказать, директор и научный руководитель в одном лице. Дальше по иерархии идут научные сотрудники разных рангов, одновременно являющиеся доцентами, ассистентами и т. д. (всего я видел человек двадцать, может быть, немного больше).

Нет ни бухгалтерии, ни планового отдела, ни отдела кадров, ни, избави Бог, отдела режима, ВОХР и прочего. Все их функции выполняют в каждом отделении два сотрудника: барышня — «секретарь-референт» и молодой человек, из числа выпускников Института — «лаборант». У барышни — хороший английский (без него ей не обойтись), у молодого человека — неважный (для него важнее голова и руки) — он отвечает за всю вычислительную технику и некоторые из лабораторных установок.

Есть своя экспериментальная база и мастерские, о которых я уже говорил, самые современные компьютеры, объединенные в сеть, общую для всех трех отделений, своя библиотека, доступная всем сотрудникам, в которой я видел их собственные отчеты, иностранную периодику, научную и учебную литературу. Как и в любом зарубежном университете или втузе, бросаются в глаза тома известного курса Ландау и Лифшица на английском языке. Имеется довольно много аудиторий, рассчитанных на небольшое число студентов, а также комнаты для сотрудников.

Есть и своя небольшая кухонька с плитой, холодильником, кофеваркой и прочим, где хозяйничает, с обворожительной улыбкой, «секретарь-референт». В ситуации, когда у ее босса появляются в качестве гостей какие-либо VIP, ее творческая активность возрастает вдвое, а юбка укорачивается на треть.

Все рассчитано так, чтобы максимально разгрузить научных сотрудников от всякой рутинной работы, не относящейся к сфере их основной деятельности. В то же время многое, связанное с конструированием, изготовлением и эксплуатацией оборудования, делается своими силами.

Вот характерный эпизод. Профессор R. Scheidl (механотроника гидросистем), пригласивший меня в Линц с несколькими докладами, только что закончил демонстрацию некоторых своих экспериментальных установок и ждет моей реакции.

Дальше следует такой обмен репликами:

Я (*остановив задумчивый взор на двух аспирантах, преданно смотрящих на своего шефа*): «*Es ist wunderschön! Aber haben das alles Ihre Sklaven geschafft?*» («*Это великолепно! И все это сделано Вашими рабами?*»)

Prof. R. Scheidl: «*Meine Sklaven? O, ja, selbstverständlich!*»

(«*Мои рабы? — О, да, само собой разумеется!*»)

С этой моей сравнительно безобидной остротой все обошлось гладко. С некоторыми другими, от которых я, увы, часто не мог удержаться, бывало похуже. Конкретный пример. Идет светская беседа с учеными коллегами после очередного моего доклада. Заходит разговор о научной молодежи вообще и рукастых ребятах в частности. И тут всплывает фамилия лаборанта «нашего» отделения: *Kramer*.

Я не удерживаюсь (опять черт попутал!) и с наивным видом спрашиваю, не родственник ли он Ремарка, может быть, внук или внучатый племянник? И тут же понимаю, что допустил серьезный промах.

Вся ученая аудитория смотрит на меня с недоумением, так как никто из присутствующих ученых мужей, как выяснилось, ничего не слышал о писателе, которым когда-то зачитывалось мое поколение («Три товарища», «На Западном фронте без перемен» остались такими же бестселлерами и для меня, и для моего сына. — А. Б.). Естественно, что никто из них не знал и того, что Крамер — это литературный псевдоним, который Ремарк сначала собирался использовать для первого издания в виде отдельной книги своего знаменитого романа «На Западном фронте без перемен».

После этого прокола я долго не отваживался острить в заграничных научных компаниях, потом, впрочем, снова вернулся к этой порочной практике. Не могу в связи с этим эпизодом отказать себе в удовольствии процитировать академика Владимира Игоревича Арнольда («Известия» № 34, 26 февраля 1999):

— ...Один французский издатель, организовавший издание «абстрактной чепухи» и тем способствовавший нынешнему несчастью (речь идет о полном разрушении математики и математического образования), пригласил меня недавно, чтобы обсудить ситуацию. Он представил мне свою молодую помощницу как окончившую Сорбонну по философии. Желая быть галантным, я тут же сказал, что, по моему опыту, философы — самые невежественные люди на свете. Я процитировал в доказательство

фразу одного французского философа XIX века, которую я прочел в «Словаре глупости»: римская католическая церковь совершила ошибку, когда она сожгла Галилея.

— Что же тут глупого, — обиделась помощница. — Я тоже считаю, что это была ошибка — сжечь его.

Видя мою реакцию, она поправилась:

— Конечно, я имела в виду Тихо Браге (Тихо Браге — датский астроном, многолетние наблюдения которого позволили Иоганну Кеплеру открыть знаменитые законы движения планет, носящие его имя).

— Рассказывая эту историю за обедом в трех кембриджских колледжах, я обнаружил, что Джордано Бруно (памятник которому стоит в Риме на Кампо ди Фиоре) известен лишь русским. Между прочим, Бруно до сих пор не реабилитирован католической церковью (в отличие от Галилея, отчасти реабилитированного в 1992 г.).

Быть профессором в учреждении типа описываемого вполне возможно, даже не зная ничего о Ремарке и Джордано Бруно, более того, — весьма престижно. Все профессора сравнительно молодые (средний возраст — лет 45), все свободно говорят по-английски, каждые несколько лет по одному-два года стажируются в Англии или США в учреждениях аналогичного профиля. В отличие от нас, грешных, не являются фанатами своей научной деятельности и после работы обычно не засиживаются («работают, чтобы жить», а не «живут, чтобы работать»), имеют разные экстравагантные хобби. Например, руководитель отделения аэро- и гидромеханики построил своими руками вместе с другом легкомоторный самолет и, получив лицензию пилота-любителя, летает на нем в свое удовольствие — тут уж не до фанатичной научной деятельности.

Все исследования, которые мне продемонстрировали, были выполнены очень добротнo, оформлены безукоризненно, экспериментальные установки содержатся в безупречном порядке. Однако все это производит впечатление чего-то — как бы точнее выразиться — игрушечного, похожего на техническую версию знаменитых сказок Андерсена. Каких-либо взлетов мысли или ярких идей в знакомых областях я не обнаружил (быть может, их берегут для каких-нибудь VIP, от которых можно получить хороший заказ на новую НИР).

А что же представляет наш НИИ ПММ в Томске? Это учреждение существует, как известно, при старейшем в Сибири Томском государственном университете (ТГУ), основанном в 1882 году царским указом (астрономическая специальность была организована несколько позже адмиралом Колчаком). Оно существенно моложе, но все же насчитывает тридцать лет. Бла-

годаря любезному приглашению Игоря Борисовича Богоряда, бывшего в то время директором НИИ ПММ, мне довелось принять участие в юбилейной всероссийской научной конференции, приуроченной к этому событию.

НИИ ПММ обладает огромным научным потенциалом, отличающимся по масштабу от потенциала Института механотроники в Линце примерно так же, как Сибирь от Австрии. В нем очень полно представлены направления фундаментальных и прикладных исследований, лежащие на переднем крае современной науки и техники. Выпускники ТГУ, прошедшие через НИИ ПММ, пользовались всегда очень высокой репутацией.

В ТГУ и НИИ ПММ имеется уникальная экспериментальная база. Масштабы некоторых экспериментальных установок и натуральных стендов поражают воображение. Но большая часть этого уникального оборудования сегодня, увы, простаивает. Я недостаточно знаком с организационной структурой НИИ ПММ и его численностью, чтобы обсуждать эти вопросы, но понимаю: количество научных работников, конечно, значительно больше, чем в Институте в Линце. В то же время гораздо больше, как и повсюду в нашей стране, всяческого балласта в виде вспомогательного персонала на одну «научную душу», тогда как количество вычислительной техники (при всем ее изобилии) — неизмеримо меньше. Что касается производственных помещений, системы жизнеобеспечения даже ведущих научных сотрудников и прочей жизненной прозы, то об этом можно только умолчать: сравнивать все это с Линцем (если бы только с Линцем!) просто невозможно.

Положение НИИ ПММ, увы, критическое. Его, как и ТГУ, терзают те же проблемы, что и всю нашу науку: неостребованность выпускников, отсутствие заказов на НИР, малое количество молодежи и т. д. (первый вице-президент РАН академик Геннадий Месяц в интервью — «Известия» от 19.01.1999 — с грустью отметил, что на всю науку в России бюджет отводит примерно столько же, сколько получает в год какой-нибудь второразрядный американский университет с четырьмя тысячами студентов. — А.Б. Теперь мало что в этом смысле изменилось, несмотря на «планов громадьё»).

Тем не менее, благодаря мужеству, целеустремленности и искусству Игоря Богоряда, который использовал все возможности для того, чтобы создавать спрос на научную продукцию НИИ ПММ, а также энтузиазму сотрудников, основное научное ядро института сохранилось и продолжает функционировать, невзирая ни на какие трудности. Многие из результатов докладываемых и публикуемых исследований удовлетворяют самым высоким стандартам, в чем я мог сам убедиться. Однако ясно,

что эта героическая эпопея не может длиться вечно, и нужны некие революционные шаги. Какие? — Не знаю.

Очевидно, что время таких могучих конгломератов как НИИ ПММ, безвозвратно ушло в прошлое. Нужно, по-видимому, сократить масштабы, приведя их в соответствие с запросами рынка, сохранив при этом основное, наиболее дееспособное, ядро, искать новую тематику и способы привлечения научной молодежи. Опыт таких учреждений как Институт механики в Линце при всей неопоставимости масштабов может оказаться небесполезным.

Существует, конечно, реальная опасность, что события начнут развиваться по сценарию гравитационного коллапса и закончатся превращением Института в «черную дыру», в которой все исчезает, но откуда ничего уже не излучается... Увы, научные коллективы создаются годами, а разрушить их можно в одночасье. И все же в НИИ ПММ я верю и могу лишь от всей души пожелать Игорю Богоряду, И. А. Дружинину, С. В. Чахлову и другим членам его коллектива, к которым я отношусь с глубоким уважением и симпатией, выйти на новый виток творческой активности, имея для этого необходимый материальный базис!

Остается добавить, что в НИИ-88 я встретился в 1960-е годы со многими выпускниками физико-технического факультета ТГУ, которые зарекомендовали себя как отлично подготовленные специалисты, относившиеся с большим увлечением к своей работе. Некоторые из них продолжают работать в ЦНИИМаш, переживая с ним наступившие нелегкие времена. Я довольно подробно говорил выше об одном из выпускников ТГУ, Игоре Богоряде. Говорил я и о многолетнем сотруднике Геннадия Никифоровича Микишева Николае Дорожкине, «усмирившем волну».

Хочу использовать возможность рассказать подробнее об этом человеке, обладающем многогранными талантами. Н. Я. — кандидат технических наук, старший научный сотрудник ЦНИИМаш. Помимо своей основной деятельности, успешно выступает, как автор замечательных популярных книг о космосе с его собственными иллюстрациями (некоторые из его иллюстраций вошли также в эту книгу). Его перу принадлежит целый ряд поэтических произведений, которые систематически публикуются в отечественной периодике и в виде отдельных сборников. Н. Я. член Союза журналистов России.

На меня особенно большое впечатление произвела поэма Н. Я. «Кавалергардский марш», посвященная памяти одного из его учителей А. А. Энгельке (в поэме — Александр Эдельстрём). Герой поэмы — человек сложной судьбы, отдаленный потомок пленного шведского офицера, кавалергард, буденовский конник,

специалист по романским языкам, преподаватель Военно-морского инженерного училища, председатель общества испано-советской дружбы, узник Гулага, деливший тюремную камеру в г. Канске с соратниками Георгия Димитрова Поповым и Таневым, преподаватель немецкого языка в маленьком районном городке в Сибири, в школе, в которой учился Коля Дорожкин, и снова — кавторанг и профессор, обучавший до самой кончины иностранным языкам советских гардемарин...

Могу только пожелать, чтобы ТГУ мог продолжать гордиться такими своими выпускниками, как Игорь Богоряд и Николай Дорожкин.



Музей в Сиэттле. «Сверхкрепость» B-29

— *Насколько я знаю, на Вас произвело большое впечатление посещение авиационного музея в Сиэттле в 1995 году. Известно, что с самолетом Боинг B-29, представленным в экспозиции этого музея, связана одна из наиболее драматических страниц истории мировой цивилизации...*

— К сожалению, мне не довелось побывать ни в нашем музее такого типа в Монино, ни в наиболее знаменитом музее авиации и космонавтики в Вашингтоне. Поскольку сравнивать мне не с чем, ограничусь изложением общих впечатлений. Музей состоит из двух частей: внутренняя экспозиция в здании типа огромного ангара с различными пристройками и внешняя — на примыкающих к нему площадях. Есть даже своя взлетно-посадочная полоса, с которой, по-видимому, могут взлетать (и на которой могут приземляться) легкомоторные самолеты.

Во внутренней экспозиции особенно широко представлены самолеты времен первой и второй мировых войн, а также послевоенные самолеты и вертолеты, в основном, военные и преимущественно американские. Впрочем, попадаются и довольно экзотические (для такого музея) экспонаты, наподобие отечественного истребителя МиГ-21.

Вообще складывается впечатление, что к своим самолетам, принимавшим участие в боевых операциях на фронтах второй мировой войны, в США относятся более бережно, чем в нашей стране. Во всяком случае, американцам, похоже, не приходилось вытаскивать из какого-нибудь болота, спуская полстолетия после окончания войны, чудом сохранившийся экземпляр боевого самолета, как это не раз бывало у нас, когда надо было раздобыть для музея Як-3, Ил-2 или Пе-2.

В боковых отсеках основного здания представлены (на мой взгляд, довольно скромно) некоторые экспонаты, имеющие

отношение к космонавтике. Гораздо более сильное впечатление производит внешняя часть экспозиции, занимающая довольно большую территорию. Больше всего бросаются там в глаза красиво раскрашенные экспериментальные самолеты всех сортов и разновидностей и могучие бомбардировщики времен второй мировой войны, среди которых выделяются «Летающая крепость» (Боинг В-17) и «Сверхкрепость» (Боинг В-29), которую Вы упомянули в своем вопросе. К последнему самолету я подошел с особым волнением.

Это был явно ветеран, совершивший не один боевой вылет перед тем как попасть на вечную стоянку на территории музея. Обшивка его хранила кое-где следы пуль или осколков, тщательно заделанные и покрашенные. Быть может этот самолет принимал участие во время второй мировой войны в налетах на Японию.

«Ибо они не ведают, что творят...»

Мои мысли переносят меня за тысячи километров, совсем в другую часть земного шара. Перед взором возникает остров, затерянный в Тихом океане. Это — Тиниан, 6 августа 1945 года...

Глубокая ночь. Три таких же самолета, как тот, около которого я стою, входящих в сверхсекретное подразделение ВВС США, дислоцированное на этом острове, готовятся к боевому вылету. Я повидал несколько подобных тропических островов, а о Тиниане рассказывал мне мой сын, находившийся в 1978 году на расстоянии прямой видимости от него, на острове Сайпан, когда участвовал в советско-американской экспедиции по цунами. Бывал я и на многих военных аэродромах. Так что легко мог представить себе картину, описанную в книге генерала Л. Гровса (административного руководителя Манхэттенского проекта. — А. Б.) «Теперь об этом можно рассказать». М.: Атомиздат. 1964.

...2 часа 30 минут (по местному времени). Последние предполетные проверки закончены, и самолеты начинают вырубать на взлетную полосу. В бомбоотсеке одного из них с красивым именем «Энола Гей» находится атомная бомба (кодовое название «Мальчи»). Пилот, он же командир экипажа — полковник ВВС США Тиббетс (Энола Гей — имя его матери — трогательно, не правда ли?). Два других самолета оснащены специальной аппаратурой для наблюдения и фотосъемки результатов взрыва атомной бомбы и проведения соответствующих измерений. Четыре самолета В-29 уже в воздухе. Три из них летят на разведку погоды в районе намеченных целей: основной (г. Хиросима) и запасных (г. Кокура и г. Нагасаки), четвертый — резервный.

2 часа 45 минут. «Энола Гей» и оба самолета-наблюдателя взлетают. Через 15 минут капитан Парсонс, специалист по во-

оружию, начинает на борту сборку бомбы. До принятия решения о городе, по которому будет нанесен ядерный удар, еще много часов полета.

7 часов 30 минут. Получены кодированные сообщения от разведчиков погоды: она благоприятная в районе целей № 1 и 3, неблагоприятная — в районе цели № 2. Цель выбрана — это город Хиросима. Парсонс ставит взрыватель «*Мальшиа*» на боевой взвод. В эту секунду подписывается смертный приговор более чем 140 тысячам жителей этого города, чего никто из них никогда не узнает.

9 часов 15 минут 30 секунд. Позади 6,5 часов полета. Высота 11 000 метров. Бомбардир майор Фирби нажимает кнопку. Бомба сброшена... Тиббетс вводит самолет в вираж, чтобы как можно быстрее развернуться и лечь на обратный курс. Через 50 секунд последует ослепительная вспышка атомного взрыва.

«Ярче тысячи солнц» — так назвал свою книгу американский ученый и писатель Роберт Юнг (М.: Атомиздат, 1961). Вот фрагмент из нее (речь идет о первом испытании ядерного устройства на полигоне в пустыне Аламогордо).

— ...Гровс пишет: «Некоторые люди в охватившем их возбуждении забыли о шлемах и выскочили из машин. На две или три секунды они ослепли и лишились возможности видеть зрелище, которого они ожидали в течение трех лет».

Всеми овладел страх перед мощью взрыва. Оппенгеймер (руководитель сверхсекретной Лос-Аламосской лаборатории — научный руководитель Манхэттенского проекта. — А. Б.) прижался к одной из стоек в помещении контрольного поста. В его памяти возник отрывок из «*Бхагавад Гиты*», древнего индийского эпоса:

*«Мощью безмерной и грозной
Небо над миром блистало б,
Если бы тысяча солнц
Разом на нем засверкала».*

И когда гигантское злое облако высоко поднялось над местом взрыва, он вспомнил еще одну строку из того же источника: **Я становлюсь смертью, сокрушительницей миров.**

Эта фраза была вложена в уста Кришны, «Великого Возвышенного», владыки судеб смертных. Но Роберт Оппенгеймер был не владыкой, а только человеком, в чьих руках находилось могущественное оружие...

Позволю себе прервать свое повествование ради небольшого отступления. Насколько мне известно, до наших дней из экипажа «*Энолы Гей*» дожили только три человека. Один из них — штурман Тед Ван Кирк проживает в США в маленьком городке Стоун Маунтин близ Атланты, в штате Джорджия.

В очередную годовщину сброса атомной бомбы на Хиросиму, 6-го августа 2005 года, он дал интервью одной из немецких газет, и я хочу познакомить Вас с некоторыми фрагментами дословного перевода с немецкого соответствующего текста.

Журналист: Вы демонстрируете мало эмоций, связанных с событием, в котором Вы принимали участие 60 лет назад, при котором расстались с жизнью 140 000 человек.

Ван Кирк: Этот день не является для меня ни днем радости, ни днем скорби. 6-е августа 1945 года — это один из дней моей жизни — не более. Мне тогда было 24 года, и до этого я принимал участие в 58 налетах на Германию, Румынию и Францию.

Журналист: Вы никогда не испытывали по-настоящему угрызений совести?

Ван Кирк: Если бы мы не сбросили бомбу, возможно, погибли бы еще миллионы людей при военных действиях американских войск против Японии. На самом деле я не испытываю радости по поводу мертвецов Хиросимы. И в то же время я знаю, что Япония была почти разгромленной страной. Но японцы никогда бы не капитулировали столь быстро, если бы не атомные бомбы. И что всегда охотно забывают: перед сбросом второй бомбы на Нагасаки и капитуляцией в течение нескольких дней погибли сотни тысяч людей. Сбросом бомбы мы спасли многие жизни.

<...>

Журналист: Как Вы оказались на борту «Энолы Гей»?

Ван Кирк: Командир экипажа — он же первый пилот — Пол Тиббетс был знаком со мной по армейской службе и выбрал меня (в качестве штурмана). А бомбардир Том Фирби был моим ближайшим другом.

<...>

Я привел главные вопросы и ответы на них. Остальные вопросы менее интересны. Согласитесь, что к автору интервью можно относиться по-разному. Я не считаю себя в праве ни судить, ни оправдывать Ван Кирка, как и других членов экипажа «Энолы Гей». В конце концов, шла война, и все они выполняли боевой приказ. Ответственность за содеянное лежит не на них, а на тех, кто отдал этот приказ, и этих людей следует судить, руководствуясь совершенно иными критериями.

Одно является бесспорным — противоречие между воинским долгом и общечеловеческими моральными ценностями, увы, было и остается объективной реальностью... Что касается аргументации Ван Кирка, то он просто повторил официальную версию, в которой содержится далеко не вся правда.

Часть этой правды заключается в том, что при самом кровопролитном сражении на Тихоокеанском театре военных действий — штурме острова Иводзима — американцы потеряли

только убитыми 20 000 человек. Эти потери были бы еще больше, если бы не героические действия боевых пловцов, разминировавших фарватер для десантных судов (Фейн Ф.Д., Мур Д. Боевые пловцы. М.: ИЛ., 1958).

После подписания акта о капитуляции Японии на ее территории было обнаружено 1200 самолетов легчиков-смертников — камикадзе, готовых к своему первому и последнему боевому вылету. Все это также часть правды. Мне довелось посмотреть документальный фильм «Япония в войнах», смонтированный из материалов киносъемок американских и японских военных операторов, сделанных во время войны на Тихом океане. Там есть кадры налета самолетов, пилотируемых камикадзе, на американский авианосец — впечатляющее зрелище.

Эти самолеты, каждый из которых нес бомбу массой в одну тонну, были грозным оружием и, хотя и не могли потопить авианосец, имевший мощную систему противовоздушной обороны, для меньших кораблей они представляли большую опасность.

Но есть и другая часть правды, о которой совершенно умалчивает американская пропаганда. Это то, что к моменту сброса первой атомной бомбы была полностью разгромлена советскими войсками на территории Маньчжурии огромная японская Квантунская армия, так что для ведения боевых действий на своей собственной территории у Японии фактически уже не оставалось сухопутных войск. На этом, собственно, можно было бы закончить, но мне хотелось бы рассмотреть один психологический аспект проблемы.

Вся операция, связанная с применением атомной бомбы, была окружена беспрецедентной завесой секретности. Поэтому полковник Тиббетс, вероятно, был информирован командованием только об исключительной важности полученного им боевого задания. Для него оно заключалось в том, чтобы сбросить на один из японских городов бомбу особой разрушительной силы. Какой это город, он должен был узнать уже в воздухе, из кодированного сообщения, которое будет ему передано на борт.

Именно ответственность задания, по-видимому, позволила ему вытребовать себе карт-бланш на формирование экипажа. Это общепринятая в такой ситуации практика, поскольку высокая «слетанность» экипажа всегда являлась в авиации необходимым компонентом успеха, и я еще вернусь к этому вопросу.

Однако Тиббетс мог поставить в известность кандидатов, выбранных им на важнейшие посты штурмана и бомбардира (Ван Кирка и Фирби) только о том, что было известно ему самому. Следовательно, Ван Кирк не мог ничего знать ни о невообразимой мощности бомбы, ни о городе, на который ее предстоит сбросить.

Вместе с тем в своем интервью немецкому журналисту через 60 лет после описываемых событий он дал понять, что день 6 августа 1945 года был для него отмечен только 59-м боевым вылетом — не более того, но не попытался сослаться ни на боевой приказ, ни на отсутствие информации. По-видимому, он счел, что это звучало бы как попытка оправдаться, чего он как раз не хотел. Поэтому он и предпочел озвучить официальную версию.

В подтверждение своего предположения о степени информированности экипажа «*Энолы Гей*» (как и экипажей остальных самолетов, принимавших участие в операции) приведу выдержку из книги Дэвид Ирвинг. Оружие возмездия. Баллистические ракеты третьего рейха — британская и немецкая точки зрения. М.: Центрполиграф, 2005.

Вот, что там говорится о готовившейся с соблюдением максимальной секретности крупномасштабной операции британских ВВС (хотя и не столь беспрецедентной, как та, речь о которой шла выше) по бомбардировке полигона Пенемюнде:

«...Им сообщили (речь идет о 4000 членах экипажей 500 самолетов, участвовавших в операции), что в Пенемюнде развернуты работы над новым типом радиолокационного оборудования, которое призвано было увеличить эффективность вылетов германских ночных истребителей...»

Правда, командовавший этой воздушной армадой полковник британских ВВС Дж. Х. Сирби, находившийся с пятью членами своего экипажа на борту бомбардировщика «Ланкастер», по-видимому, точно знал, что являлось истинной целью операции.

Массированный налет на Пенемюнде увенчался полным успехом. Однако потери были немалыми. На свои базы не вернулось 40 бомбардировщиков «Ланкастер», «Стирлинг» и «Галифакс» и 1 самолет «Москито» из числа 8, выполнявших отвлекающий маневр над Берлином, оттянувший 203 немецких ночных истребителя.

Вот, что пишет о погибшем экипаже автор цитированной мной книги: *«Двое из отважных летчиков, круживших в берлинском небе на своих обшитых фанерой и лишенных вооружения самолетах, намеренно бросая вызов немцам, не вернулись домой. Как много сотен их товарищей обязаны этим двоим — старшему лейтенанту авиации Куку и его радисту сержанту Диксону — спасенными жизнями?»*

Сколько подобных подвигов совершили наши летчики, штурманы, стрелки-радисты, специалисты инженерно-авиационной службы, во время Великой Отечественной Войны, которые еще ждут своих летописцев?

Я обещал вернуться к проблеме формирования экипажа в случае предстоящей особо ответственной или особо опасной

операции. Это доставляет мне возможность рассказать об одной истории, которая могла бы украсить любой военный роман.

Во время пребывания в Оренбурге я встречал в штабе ВВС Южно-Уральского военного округа полковника, о котором мне было известно только то, что во время Великой Отечественной Войны он был штурманом в дальней авиации, был комиссован по ранению после одного из боевых вылетов и перешел на штабную работу. Кажется, фамилия его была Григорьев.

Однажды я совершенно случайно узнал его историю. Суть ее, вкратце, сводится к следующему. Бомбардировщик, на борту которого он находился в качестве штурмана, был сбит после выполнения боевого задания недалеко от линии фронта. Экипаж сумел спастись с парашютами и благополучно добраться до своих. Однако Григорьев сломал при неудачном приземлении руку, и его госпитализировали, наложив гипс.

Через какое-то время командир экипажа получил задание вылететь на бомбежку какого-то транспортного узла, имевшего очень мощную зенитную оборону. Командир получил право подобрать себе нового штурмана, но не захотел довериться в таком ответственном деле неизвестному человеку и уговорил «своего» штурмана... бежать из госпиталя. В результате Григорьев с загипсованной рукой занял на борту при боевом вылете свое привычное место штурмана.

Задание было выполнено в целом успешно, но и в этот раз самолет был подбит, и летчик с трудом сумел перетянуть линию фронта, после чего приказал экипажу покинуть самолет. Эта операция прошла благополучно для всех, кроме Григорьева, у которого... не раскрылся парашют. Не помню точно, что было причиной — ошибка укладчицы, загипсованная рука или что-то еще.

Григорьева ждала неминуемая гибель, если бы не несчастливый случай: он упал на склон оврага, покрытого глубоким снегом (была зима), и отделался только тяжелым нервным шоком и еще одним переломом. Врачи поставили его на ноги, но больше он уже не летал. Такая вот история...

Вернусь в Сиэттл. Я дотрагиваюсь до нагретой ласковым осенним солнцем обшивки мирно дремлющей «Сверхкрепости» и возвращаюсь к действительности. К этому самолету я испытываю не только профессиональный интерес, но и некоторые ностальгические чувства, и не только потому, что именно он был использован в качестве самолета-носителя для экспериментальных самолетов с ЖРД, о которых я говорил в начале нашей беседы.

Дело в том, что после окончания ВВИА я попал в авиационную дивизию дальней авиации (ДА), один из полков которой (первый в ДА) комплектовался самолетами Ту-4 — точными

копиями В-29. Естественно, что этот летательный аппарат, так же отличавшийся от ветерана Ил-4 (состоявшего со времен войны на вооружении нашего полка), как сам Ил-4 — от самолета братьев Райт, не оставлял равнодушным никого из представителей дивизионной инженерно-авиационной службы. Я не являлся исключением.

Обстоятельства, приведшие к появлению на вооружении нашей дальней авиации самолета Ту-4, скопированного со «Сверхкрепости» В-29 в КБ А. Н. Туполева по личному указанию Сталина, подробно описаны в статье Владимира Котельникова и Дмитрия Соболева «Сверхкрепость в Советском Союзе» (журнал «Крылья родины», № 10, 1998). При копировании В-29 возникло очень много проблем, начиная от технологии и кончая нормами прочности. Не буду пытаться пересказывать статью. Ограничусь только одним эпизодом, о котором мне рассказал ведущий инженер ГК НИИ ВВС инженер-подполковник Семен Самойлович Медведев (Вы видели его фотографию, сделанную в Соль-Илецке).

Самолет В-29 был оборудован системой централизованного управления огнем всех бортовых огневых точек, включавшей счетно-решающие устройства, автоматически вырабатывавшие необходимые углы упреждения в зависимости от положения и скорости цели. Каждому стрелку надо было только развернуть свою прицельную станцию в положение, при котором ее перекрестье визуально совместилось бы с целью, после чего оставалось только нажать на гашетку.

Здесь необходимо небольшое отступление. Дело в том, что задача попадания в цель при воздушной стрельбе является одной из наиболее сложных задач внешней баллистики. Когда я был слушателем ВВИА, соответствующий курс читал на факультете авиационного вооружения известный специалист в этой области, автор учебника «Теория воздушной стрельбы», генерал-майор ИТС Владимир Семенович Пугачев. Обширный цикл его работ по теории оптимальных динамических систем, автоматическому управлению и теории вероятностей вошел в его монографию «Теория случайных функций и ее применение к задачам теории автоматического управления», которая была опубликована тремя изданиями в 1957–1962 годах.

Владимир Семенович был не только крупным ученым, но и остроумным человеком (факультет вооружения вообще славился остроумными людьми — о причинах этого можно только гадать). Пример — такая сцена в стиле его коллеги генерала Д. А. Вентцеля, о котором я уже рассказывал.

В. С. присутствует, как начальник кафедры, на экзамене по теории воздушной стрельбы, который проводит молодой

преподаватель его кафедры. Экзамен близится к концу, и его заключительным аккордом служит правильно нарисованная экзаменуемым параболическая траектория снаряда, выпущенного из авиационной пушки, расположенной в плоскости симметрии бомбардировщика, по атакующему его со стороны задней полусферы истребителю.

Преподаватель уже заносит ручку, чтобы поставить положительную оценку, но В. С. его останавливает и предлагает экзаменуемому нарисовать траекторию снаряда в той же ситуации, но когда пушечная установка расположена в блистере не сверху, а на боку фюзеляжа бомбардировщика. И слушатель уверенно рисует... ту же параболу, но не в вертикальной, а в горизонтальной плоскости!

За этим следует многозначительная реплика В. С., каким-то необъяснимым образом предвидевшего этот ответ: *«Вот видите, надо понимать душу слушателя»*. В результате эта задача прочно входит в факультетский фольклор, как *«Задача Пугачева»*.

Так вот, при испытании в НИИ ВВС скопированной системы дистанционного управления бортовыми огневыми точками В-29 оказалось, что, хотя американские разработчики, конечно, умели правильно решать *«Задачу Пугачева»*, у нас система получилась неустойчивой, и следить за целью бортовые «стволы», не могли. Самые опытные операторы были в этой ситуации совершенно беспомощны. Разобраться в этой истории как раз и было поручено ведущему специалисту по авиационному вооружению инженер-подполковнику С. С. Медведеву.

Помните, в начале нашей беседы, когда шла речь о человеке и автомате, мы обсуждали проблему человека, как одного из элементов контура управления. Именно эта проблема возникла, причем в весьма острой форме, в рассматриваемом случае. Медведев сформулировал стоявшую перед ним задачу следующим образом: *«Сконструировать эмпирическим путем дифференциальное уравнение, описывающее реакцию оператора (усилие, прилагаемое для разворота прицельной станции) при совмещении перекрестия с маркером, имитирующим движущуюся цель»*. Подчеркиваю, что речь шла не о подборе эмпирической формулы (что довольно просто), а об уравнении, адекватно отображающем физическую реальность

Медведев был опытным инженером-испытателем и для ее решения вытребовал в свое распоряжение, кроме всей штатной аппаратуры, несколько стрелков-радивов, на счету которых было немало боевых вылетов и сбитых немецких самолетов, так что попадать в движущуюся цель они умели.

После этого он провел обширную серию экспериментов, заключавшихся в том, что перед каждым испытуемым появлялся

на экране в самых неожиданных местах маркер, имитирующий цель. Стрелок должен был с максимальной скоростью развернуть прицельную станцию до совмещения перекрестья с маркером, а затем продолжать это совмещение, отслеживая перемещение маркера по экрану, которое Медведев задавал произвольным образом.

Перемещение маркера и усилие, прилагаемое стрелком в процессе слежения за маркером, записывались на шлейфы осциллографа, а затем определялись путем дифференцирования мгновенные значения производных по времени функции, описывающей перемещение маркера по экрану и реакцию оператора.

Подвергнув все полученные материалы статистической обработке, Медведев вывел искомое уравнение и определил среднестатистические значения его коэффициентов. Оказалось, что вполне удовлетворительную аппроксимацию реальных переходных процессов удастся получить с помощью линейного дифференциального уравнения второго порядка с запаздывающим аргументом. Запаздывание по времени τ оказалось близким к 0,1 с (напомню, что именно это запаздывание играет решающую роль в вестернах, когда ковбой выхватывает из кобуры свой револьвер).

Таким образом, выяснилось, что стрелок реагирует с запаздыванием на 0,1 с на рассогласование положений перекрестья прицела и цели и на скорость и ускорение этого рассогласования. В результате оказалось необходимым при выборе алгоритма управления сервоприводами бортовых «стволов» заменить человека, как идеальное звено в контуре управления прицельной станцией, более сложным звеном, описываемым полученным дифференциальным уравнением с запаздывающим аргументом.

Следует заметить, что такие уравнения встречаются во многих технических проблемах. Наиболее ярким примером служит, пожалуй, высокочастотная неустойчивость внутрикамерных процессов в ЖРД. Это крайне неприятное и плохо прогнозируемое явление доставляло серьезные неприятности конструкторам этих двигателей. Различным аспектам такого рода неустойчивости, описываемой уравнениями с запаздывающим аргументом, посвящена книга *Луиджи Крокко и Чжен Синь-И. Теория неустойчивости горения в жидкостных ракетных двигателях*. М.: ИЛ, 1958.

Триумфом сложной работы Медведева явилось то, что после уточнения алгоритма управления сервоприводом с учетом наличия этого более сложного звена, вся замкнутая система управления бортовыми огневými средствами начала работать безупречно.

Надо сказать, что результат, полученный С. С. Медведевым, вышел далеко за рамки первоначальной задачи. Именно он заставил в случае необходимости адекватного управления процессами, быстро изменяющимися по времени по сравнению с постоянной запаздывания реакции человека t , однозначно отдать предпочтение автомату.

Наиболее ярким примером может служить система управления «Шаттл» при движении его в атмосфере после схода с орбиты. Я уже говорил, что этот процесс является полностью автоматизированным, причем соответствующая система многократно резервирована. Роль пилота сводится только к выпуску шасси в момент, определяемый им визуально. Проблема «человек или компьютер», которую мы с Вами обсуждали в начале нашей беседы, в данном случае однозначно решается в пользу компьютера.

И еще одна любопытная деталь, касающаяся В-29: впервые надежную информацию, касавшуюся «Сверхкрепости», удалось получить во время Великой Отечественной войны нашему офицеру ВВС, капитану А. И. Смолярову (совершенно верно — тому самому, с которым я познакомился десять лет спустя в Оренбурге, когда он уже был полковником), причем от патриарха американской военной авиации также капитана (со времен первой мировой войны!) Рикенбейкера. Капитан Смоляров сопровождал капитана Рикенбейкера во время посещения последним наших фронтовых аэродромов в качестве личного представителя президента США Франклина Делано Рузвельта.

Надо ли говорить, что Рикенбейкера наши летчики (и не только они) принимали по первому разряду. Однажды он, расчувствовавшись, рассказал своему фронтовому другу — Смолярову — кое-что такое, что явно огорчило бы Рузвельта, узнай он об этом, а именно — о «Сверхкрепости» В-29. Особую пикантность этой истории придает то, что ее героем был человек, кандидатуру которого Рузвельт предложил на роль... «адъютанта его превосходительства» (!).

Вот выдержка из соответствующего документа: № 64 Ф. Рузвельт И. В. Сталину (30 декабря 1942 года): «... Было бы весьма полезным, если бы для сопровождения генерала Брэдли в качестве адъютанта и офицера связи был выделен русский офицер, говорящий по-английски, например, капитан Владимир Овповин (Вашингтон) или капитан Смоляров (Москва)...» (Переписка Председателя Совета Министров СССР с Президентами США и Премьер-министрами Великобритании во время Великой Отечественной Войны 1941–1945 гг. Т. 2, М.: Госполитиздат, 1957. С. 46).

По каким-то причинам инициатива американского президента не была поддержана, что никак не отразилось в будущем

на судьбе Ту-4, который был построен, вопреки традиции, сразу малой серией, в 20 экземплярах. Машину № 02 этой серии испытывал не кто иной, как Марк Галлай (см. книгу «Испытано в небе», неоднократно цитировавшуюся выше).

Вернусь к музейному В-29. Пришлось ограничиться его внешним осмотром: внутрь самолета посетителей не пускали. Вероятно, до работников музея дошли слухи об истории, которая случилась в СССР за много лет до описываемых событий. Дело было так. На борту одного из экземпляров только что появившегося Ту-4 проводилась ознакомительная экскурсия для экипажей, прибывших из строевых частей ДА, готовившихся к переходу «на новую матчасть».

После того, как последний участник экскурсии покинул упомянутый летательный аппарат, самолет стал легче примерно на 100 кг! Именно столько весил тот объем 96 % этилового спирта, который первоначально заполнял расходную емкость антиобледенительной системы и не был слит оттуда до появления на борту любознательных экскурсантов в силу трагического недосмотра. Поистине нет таких технических проблем, которые не смогла бы преодолеть отечественная авиационная смекалка!

Справедливости ради отмечу, что народные умельцы из ракетной техники кое в чем могли посоревноваться со своими авиационными коллегами. Так в те благословенные времена, когда ракетная техника еще работала на этиловом спирте (сначала на 75 %, позднее — на 96 %!), одна из технических проблем, связанных с этим горючим, решалась упомянутыми виртуозами следующим элегантным способом.

После окончания заправки ракеты горючим требовалось отсоединить заправочный шланг, который имел на концах самозапирающиеся клапаны. Перед этой операцией надлежало включить на спиртозаправщике вакуумнасос, чтобы откачать спирт из шланга. Если этого не сделать, то шланг все равно можно было отсоединить — клапаны на его концах автоматически закрывались — но в нем «застревало» около 20 литров спирта. С чем умельцы и отбывали восвояси, не забыв оперативно уложить шланг вдоль борта спиртозаправщика...

Музей ЦНИИМаш

Как я уже говорил, посетить какие-либо крупные авиационные музеи (кроме как в Сиэттле) мне не довелось, но зато посчастливилось побывать в мини-музее отечественной РКТ, да не где-нибудь, а в городе Королеве, в своем родном ЦНИИМаш! Этот компактный музей, включающий любовно отобранные экспонаты, прочно занял место среди музейных комплексов ракетно-космической отрасли.

Своим рождением он во многом обязан усилиям и энтузиазму одного человека — Викентия Матвеевича Комарова. Музей, созданный в 1986 году к 40-летнему юбилею института, имеет богатую экспозицию, охватывающую все основные направления деятельности ЦНИИМаш как головного института отрасли. В нем представлены макетные образцы, действующие модели экспериментальных установок, некоторые натурные объекты РКТ. Особое место занимают конструктивно подобные модели (как правило, в масштабе 1:10 или 1:5) чуть ли не всех ракетносителей отрасли. И это не просто музейные образцы, а именно те рабочие модели, которые создавались и испытывались в отделе динамики. Многие фрагменты обширной экспозиции музея иллюстрируют процесс становления отечественной ракетно-космической отрасли и выходят далеко за рамки истории ЦНИИМаш.



Путь в земной экватор

— *Борис Исаакович! Похоже, что украшением Вашей коллекции, относящейся к перемещениям по планете, стало путешествие в Австралию. Я не ошибаюсь?*

— Вы правы. Это путешествие действительно оставило в памяти наиболее

яркие впечатления. Было это больше десяти лет назад. Я был приглашен тогда принять участие в XII Международном конгрессе по математической физике в городе Брисбен (Австралия) с 20-минутным секционным докладом. Съезд проводился в Университете Квинслэнда. Там же проживали на территории университетского кампуса в студенческих общежитиях участники конгресса (для Австралии это был период зимних каникул — студенты в это время отсутствовали).

Мой доклад был посвящен **RT-алгоритму конформного отображения**, о котором я Вам подробно рассказывал, разработанному совместно с Юрием Тюриным, и приложению этого метода к решению двумерных задач математической физики (аэродинамики, электродинамики, теории упругости).

В поездке в Австралию я был вместе со своим другом и коллегой, физиком, — профессором Львом Абрамовичем Ривлиным (вспомните наше первое с ним путешествие «Из зимы в лето!»). Это несколько упростило нашу задачу: пока один ходил добывать очередную порцию информации, другой караулил вещи.

— *Вы делали доклад на английском языке. Как Вам удалось достигнуть достаточной языковой свободы и насколько это помогло в Вашей австралийской одиссее?*

— Я изучал с детства немецкий язык и им владею сравнительно свободно. Что касается английского, то фактически начал им всерьез заниматься только во время учебы в ВВИА им. Жуковского, а затем продолжал его изучать в адъюнктуре. Однако всего этого оказалось совершенно недостаточно для активного владения языком, в чем я и убедился, когда пришлось читать лекции на английском языке в Миланском политехническом институте.

Для приобретения относительной языковой свободы потребовалось определенное время на адаптацию, которой сильно способствовало пребывание в языковой среде (преподаватели и студенты *Politecnico di Milano* свободно изъясняются по-английски). Кроме того, помогло чтение большого количества беллетристики на английском языке, которое я продолжаю и поныне. В результате доклад на научной конференции и общение на бытовом уровне не являются для меня проблемой. Однако в Австралии я столкнулся с определенными трудностями. Длинные монологи ее жителей на языке, который они считают английским, были мне совершенно непонятны. Приходилось просить их сбавить темп до «*dictation speed*».

Отвечая на вторую часть Вашего вопроса, должен сказать, что даже наш сравнительно скромный уровень владения языком (языковые возможности моего друга примерно равны моим) сильно облегчал нам жизнь, особенно в смысле выбора оптимальных маршрутов внутри страны после окончания конференции и в смысле получения различных скидок. Последние существуют, например, на авиабилеты, причем в различных вариантах: для владельцев билетов на международные рейсы; для «сеньоров» (лиц старше 65 лет), независимо от страны постоянного проживания; при покупке билетов в два конца; при приобретении их заранее и т. д.

В результате тщательного изучения ситуации и долгих переговоров нам, как правило, удавалось реализовать формулу «*числом поболее, ценою подешевле*», столь близкую уму и сердцу российского ученого, выезжающего за границу.

В заключение, чтобы у Вас не сложилось преувеличенного представления о наших с моим другом способностях принужденного общения с австралийцами на присущем им квазианглийском языке, приведу такой трагикомический эпизод. Одна сугубо австралийская барышня, с которой мы пытались завязать светскую беседу в холле гостиницы, решила (как она сама потом призналась), что мы обращаемся к ней на совершенно незнакомом ей языке ее немецких предков, переселившихся когда-то в Австралию. Потом разговор, правда, более или менее наладился и завершился на мажорной ноте. Кстати, в Австралии

нередко можно встретить человека по фамилии Мюллер, ни слова не знающего по-немецки.

— *Какие ощущения испытывает российский (советский) ученый, попав в такую далекую от нас во многих смыслах страну?*

— Прежде всего, хотел бы заметить следующее. Поездки в самые отдаленные уголки Земного шара стали в последнее время доступны (*теоретически*) для всех граждан нашей страны, так что полетом из Москвы в Брисбен сейчас никого не удивишь. Тонкость заключается в том, что *практически* такие поездки среди российских ученых по известным причинам пока не очень популярны, так что будем считать, что мне сильно повезло. Это предопределяет мой ответ на Ваш вопрос: *«Не может быть, чтобы это было наяву, а не во сне».*

— *О чем специфически австралийском Вы могли бы упомянуть, говоря о своих впечатлениях от краткого пребывания в этой стране?*

— Трудно ожидать от человека в моем положении каких-либо глубокомысленных умозаключений на эту тему и даже сколько-нибудь упорядоченных впечатлений. Поэтому не взыщите, если я ограничусь некоторыми поверхностными замечаниями.

- В любом учреждении, в которое мы обращались с каким-либо вопросом, нас встречали, «как родных», а не «как классовых врагов», которые только мешают работе. Кассирша местной авиакомпании в городе Кэрнсе потратила не меньше получаса на то, чтобы подыскать нам с моим другом наиболее удобный и дешевый внутренний рейс. При этом она встретила и проводила нас очаровательной улыбкой (см. фото). Было совершенно очевидно, что авиакомпания не зря платит ей деньги.
- Движение автотранспорта в Австралии, в отличие от нашего, — левостороннее. В соответствии с этим австралийцы ходят (по крайней мере, там, где есть тротуары) по левой стороне. Если Вы идете по правой стороне, то встречные смотрят на Вас с осуждением, но замечаний не делают.
- Австралийцы очень бережно, чтобы не сказать — благоговейно, относятся к своей природе, в частности, к некоторым представителям животного мира (по-видимому, к тем, которые не очень сильно им докучают, например, к коалам).
- С большим пиететом они относятся ко всему, что связано с их не очень древней официальной историей (об этом надо говорить отдельно).

- В тех городах, где нам посчастливилось побывать (Сидней, Брисбен, Кэрнс), я обратил внимание на наличие на улицах очень многих представителей Страны восходящего солнца — как туристов, так и местных жителей, причем возрастной диапазон первых очень широк: от школьников до лиц весьма солидного возраста.

Кроме того, на улицах поражает количество вывесок на японском языке, дублирующих английские; особенно это относится к центрам туристской индустрии типа Кэрнса. Вообще похоже, что Япония, не преуспев в свое время в реализации своих геополитических планов методами, апробированными в Перл Харборе, добилась значительно больших успехов, используя «экономические рычаги».

Должен с огорчением констатировать, что упоминания о нашей великой стране в передачах местного телевидения я не услышал ни разу, даже в программах типа «Вестей». Что уж тут говорить о вывесках!

Бросилось в глаза, что австралийцы обладают остро развитым чувством юмора. Пример: в витрине магазина, торгующего медицинским оборудованием, выставлено в качестве рекламы выполненное по последнему слову техники инвалидное кресло, в котором восседает в непринужденной позе... человеческий скелет!

В заключение — один крохотный эпизод, возвращающий нас к проблеме отношения при самых разных обстоятельствах любого должностного лица к «простому человеку», с которой я начал ответ на Ваш вопрос.

В описываемом случае эти обстоятельства были таковы. Наше пребывание в Австралии близилось к концу — мы с моим другом прилетели из Кэрнса в Брисбен, откуда утром следующего дня должны были вылететь через Токио в Москву. Денег у нас осталось так мало, что даже на среднюю гостиницу могло не хватить. Поэтому мы решили подыскать себе место для ночлега в зале ожидания аэропорта, благо каждый из нас располагал обширным личным опытом таких ночевок на вокзалах, в аэропортах и в «нуль-звездных» гостиницах типа «Золотой клоп» на родине.

Подходящее место мы высмотрели на антресолях огромного зала ожидания. Ночные рейсы в Австралии не популярны, а в «нашем» аэропорте их вообще не было, так что к ночи зал практически опустел, и мы, сдвинув к стене кресла, организовали себе спальные места и последний раз уснули на территории Австралии.

Часа в два ночи идиллия была нарушена: мы были разбужены появившейся бригадой уборщиков, вооруженных мочушкой

техникой, громко гудевшей и жужжавшей. Мы с некоторой тревогой наблюдали за их приближением к нашему спальному месту, не ожидая от встречи с ними ничего хорошего. Первым на пути могучего человека в комбинезоне, катившего перед собой грозно гудевшую машину, оказался мой друг, скрючившийся на своей импровизированной «койке».

А теперь угадайте, какие слова произнес человек в комбинезоне на своем австралийском языке. Полагаете, что матерные. Отнюдь нет. Сказал он следующее: *«Вам же неудобно так лежать, сэр. Если Вы возьмете еще одно кресло и повернете его вот так, то Вам будет гораздо удобнее»*. Не помню, как на это отреагировал мой друг, что касается меня, то я чуть не проследил. Комментарии нужны?



Проблема гостиниц

— Известно, что проблема доступных гостиниц для наших соотечественников за рубежом очень непростая. Как Вы выходили из положения?

— В решении этой проблемы основная заслуга принадлежит моему другу, который всю Великую отечественную войну провоял старшим сержантом в пехоте и хорошо знает БУП-42 (Боевой устав пехоты 1942 года). Цитирую фрагмент, который мы творчески применяли: *«Уяснить задачу, оценить свои силы и средства, оценить силы и средства противника, провести рекогносцировку на местности... Принять решение и неукоснительно проводить его в жизнь»*. А если говорить серьезно, то использовали информационную службу в аэропортах, водителей такси и визуальный осмотр объекта, начиная с таблицы стоимости человеко-дня проживания.

Типичный пример: частная гостиница «Queens Court» в одном из центров туристской индустрии Большого барьерного рифа, городе Кэрнсе, где мы прожили несколько дней. Трехэтажное здание с внутренним двориком с английским газоном и бассейном. Судя по виду, — недавно построенная. Рассчитана на несколько десятков человек. Цены по зарубежным стандартам очень умеренные: приблизительно 40 американских долларов в сутки за номер на двоих со всеми удобствами и завтраком (шведский стол). Владельцы — семейная пара в возрасте лет сорока. Чтобы выдержать конкуренцию с соседними гостиницами аналогичного класса (а их много!), они трудятся, не переводя дыхания, причем всю основную работу делают сами (наемных служащих три или четыре человека).

Хозяйку мы видели каждый день первый раз в 7 утра, когда приходили на завтрак, — она помогала буфетчице, а последний раз в 10 вечера, когда она заносила в компьютер показания последних прибывших постояльцев. Среди этого беспокойного и капризного контингента мы оказались первыми гражданами России (спокойными и некапризными). В этом, может быть, заключался секрет подчеркнутого внимания, которое нам оказывалось. Его заключительным жестом была транспортировка нас на гостиничном микроавтобусе в аэропорт, что, конечно же, не входило в стоимость номера. На прощание мы сфотографировали милую пару наших любезных хозяев, представившую «капитализм с человеческим лицом» (см. фото).

В Раю для подводников

— *Что вы испытали, попав, наконец, на Большой барьерный риф и реализовав свою давнюю мечту о погружении с аквалангом в районе этого чуда света? Нельзя ли описать подробности?*

— В чисто эмоциональном плане я хочу ответить Вам словами, которые Генрих Гейне вложил в уста одного из персонажей своего эссе «Флорентинские ночи» в качестве реакции на игру на скрипке великого маэстро Паганини: «*Уже одна эта вещь стоит трех талеров*» (по тем временам это была очень приличная сумма).

Что касается более реалистической оценки ситуации, то я понял, что *в наше время быть по настоящему счастливым можно только под водой и именно в таком месте, как Большой барьерный риф*. Чтобы не быть голословным, постараюсь обосновать эту мысль.

...Итак, позади остались все формальности, и я готовлюсь к погружению. Группе «сертифицированных аквалангистов» выдаются гидрокостюмы, в которые следует облачиться, и заряженные акваланги, значительно более сложные, чем те, к которым я привык (ласты и маску я захватил с собой из Москвы). Свой акваланг каждый должен самостоятельно проверить. Затем всех участников предстоящего погружения сажают на катер вместе с инструкторами (по одному инструктору на каждого аквалангиста) и отвозят на пару километров от берега, после чего и начинается самое интересное — долгожданное погружение в районе Большого рифа.

...Плыву над самым дном в кристально прозрачной воде, пронизанной ярким солнечным светом. Глубина оптимальная: от 15 до 20 метров. Инструктор (маленькая, изящная японка) плывет сзади на расстоянии двух метров. На дне — разноцветный ковер, образованный кораллами всех сортов и разнообразно-

стей. Фантастическая игра красок! Огромное число тропических рыбок с большими плавниками, алых, бирюзовых, голубых, золотистых, и каких-то неизвестных мне существ — представителей то ли животного, то ли растительного мира.

Инструктор, убедившись, что со мной все в ажуре (международный знак ОК — соединенные большой и указательный пальцы на правой руке), проплывает немного вперед и показывает дорогу, не забывая привлекать мое внимание к особым достопримечательностям, наподобие огромной раковины (тридакны) или медленно плывущего ската-манты. Меня переполняет чувство необыкновенной легкости и полной свободы, как тела, так и духа, в этом полном гармонии сказочном мире...

Однако постепенно я начинаю понимать, что мой симпатичный гид следит, чтобы моя свобода не вышла за рамки «осознанной необходимости» (я дал подписку под документом, включившим многочисленные «не» (*не трогать, не отламывать, не рвать, не кормить, не бросать* и т. п.)), и что никакое счастье не может быть ни полным, ни вечным... Поднятый вверх большой палец инструктора служит командой на всплытие. И вот мы уже снова на борту катера и плывем к берегу. Волшебный сон кончился...

— *В последнее время в средствах массовой информации все чаще встречаются сообщения о гибели наших аквалангистов в Красном море, вблизи побережья Египта. Совсем недавно там погибли при попытке погрузиться на 90 м три аквалангиста из Барнаула. Как Вы, будучи представителем той же гильдии, можете прокомментировать эти события? Как, в частности, организуются погружения с аквалангом спортсменов-любителей в Австралии, на Большом барьерном рифе, о котором Вы рассказали?*

— Начну с ответа на второй вопрос. Будучи в Австралии, в центре индустрии Большого барьерного рифа, г. Кэрнсе, я приобрел за 50 долларов в конторе одной из многочисленных туристских фирм однодневную путевку на близлежащий остров, с правом на одно 40 минутное погружение с аквалангом. Организация процесса погружения была следующей.

Сначала формируется группа человек из 15–20, затем проводится селекция на «сертифицированных аквалангистов» и «прочих». С «прочими» проводится в течение пары часов «экспресс-подготовка», заканчивающаяся элементарным зачетным упражнением. Затем их делят на группы по пять человек в каждой, и запускают каждую группу в «подводное плавание» вблизи берега, на глубине от трех до пяти метров, в общей «упряжке», противоположный конец которой находится в руке инструктора, плывущего за ними следом.

С отобранными «сертифицированными» аквалангистами дело обстоит сложнее. Я предъявил свое удостоверение инструктора подводного спорта (на русском языке), в котором было черным по белому записано общедоступными арабскими цифрами мое общее «*подводное время*» 500 часов. Это произвело должное впечатление, и в результате я попал в соответствующую элитную группу, с членами которой был особый разговор и реализовывался совсем другой сценарий.

Пришлось заполнить и подписать целую кучу бумаг, начиная с подтверждения отсутствия различных болезней, которые были перечислены, причем не только у меня, но и у моих родственников до седьмого колена, и кончая обязательством, состоявшим из разных «*не*», о котором я уже говорил. Все эти бумаги были, конечно, как и организация самого погружения, продиктованы заботой об аквалангисте, но мне показалось, что не последнюю роль играла забота об объекте его внимания, то есть — о самом барьерном рифе. Затем следовал подробный инструктаж, процедура непосредственной подготовки к погружению и, наконец, само погружение, о чем я уже рассказывал.

А теперь перейду к ответу на Ваш первый вопрос. Должен сказать, что, судя по всем сообщениям, организация погружений с аквалангом туристов на египетских курортах не выдерживает критики и не идет ни в какое сравнение с тем, что я видел в Австралии. Особенно это относится к системе обеспечения безопасности. Но в данном случае речь идет не об Египте, а о наших соотечественниках. Так вот, я могу сказать следующее. Все они были опытными аквалангистами и не могли не знать элементарных вещей, знакомых каждому новичку, а именно:

- Пределом погружения с аппаратами на сжатом воздухе считается 70 м, глубже имеет место так называемый азотный наркоз, подобный наркотическому отравлению.
- На глубине, приближающейся к 100 м, становится токсичным кислород, парциальное давление которого соответствует давлению чистого кислорода на глубине 20 м (именно поэтому аппараты, работающие на чистом кислороде, применяются только до меньшей глубины).
- В силу этих фактов погружение с аппаратами на сжатом воздухе на глубину больше 70 м представляет смертельную опасность, а на глубину больше 100 м грозит верной гибелью.

Для погружения на большие глубины применяются вместо воздуха специальные смеси водород-кислород и гелий-кислород, с пониженным процентным содержанием кислорода. Такова техническая сторона вопроса. А теперь об организационной стороне.

- По законам Египта в районе погружения аквалангистов максимальная разрешенная глубина погружения составляет 40 м.
- Неукоснительное правило глубоководных погружений — обязательная страховка отдельной командой обеспечения, желательно — с автономным плавсредством.
- При командном погружении «старший» в группе несет полную ответственность за состояние, действия (бездействие) и безопасность всех членов группы.

Барнаульские аквалангисты грубо нарушили закон государства и — с риском для жизни — безусловно известные им правила погружений. Если действия членов команды можно квалифицировать как вопиющую безответственность, то действия их руководителя — как преступные, поскольку эти действия были чреваты угрозой не только его собственной жизни, но и жизни доверившихся ему людей.

Мало того, когда один из членов команды (оставшийся в живых) обнаружил на глубине 30 м неисправность акваланга (хороша же была предстартовая проверка!) и начал всплывать, руководитель вместо того, чтобы дать команду на всплытие всем остальным участникам, как он был обязан сделать, продолжил вместе с ними погружение, ставшее фатальным, фактически бросив члена команды, попавшего в сложную ситуацию, на произвол судьбы.

К этому надо добавить следующее. Если верить репортажу нашего телевидения, то оставшийся в живых участник погружения попал в больницу с диагнозом «кессонная болезнь». Это полнейший нонсенс. При погружении здорового человека с аквалангом на несколько минут на глубину 30 м и немедленном всплытии кессонная болезнь абсолютно исключена.

По-видимому, речь шла о баротравме легких, неизбежно возникающей при быстром всплытии с задержанным дыханием. Это самая страшная ошибка, которую может допустить аквалангист, которая может оказаться смертельной вследствие разрыва легочных альвеол вследствие резкого перепада давления.

Существуют следующие железные правила всплытия в аварийной ситуации при частичном или полном отказе акваланга, которые каждый аквалангист должен помнить даже во сне: во-первых, нужно немедленно освободиться от загубника, раскрыть рот и постепенно свободно выдыхать воздух, ни в коем случае не задерживая дыхание; во-вторых, следует всплывать не быстрее воздушных пузырьков.

Создается впечатление, что одно из этих правил было нарушено. Если это так, то член команды, о котором идет речь, не был подготовлен даже к самому простому погружению — еще

одно грубое нарушение, за которое пришлось бы отвечать руководителю погружения, если бы он не погиб. Надеюсь, что я ответил на Ваш главный вопрос.

«Прибой Канака»

— *Б. И., из печальной истории гибели наших аквалангистов, надеюсь, будут сделаны надлежащие выводы. А Вы сами неужели настолько безгрешны, что не позволили себе в море ни разу какого-либо поступка, граничащего с авантюрой, и с Вами никогда не случилось каких-либо ЧП?*

— Отвечу сначала на второй вопрос. Я никогда не погружался на глубину больше 40 м, и — спасибо Саше Кузьмичеву, который хорошо меня выучил, мне ни разу не пришлось столкнуться ни с кессонной болезнью, ни с баротравмой уха. Однако, несмотря на высокую надежность отечественных аквалангов АВМ и «Украина», которыми я всегда пользовался, одно единственное ЧП, случившееся со мной, было связано с техникой: у меня на глубине 20 м полностью отказал (из-за заедания клапана в редукторе) легочный автомат.

Мне не надо было вспоминать, что такое баротравма легких, поэтому, когда я понял, что произошло, я мгновенно начал всплывать, автоматически выполняя все правила, о которых Вам говорил. В результате все прошло так гладко, что, когда я выскочил на поверхность, мой страхующий, задумчиво плававший на надувном матрасе, даже не понял, что всплытие было аварийным.

Что касается авантур, то одна, к счастью, не завершенная, авантюра у меня в активе числится. Имела место она при таких обстоятельствах. Я был в качестве туриста в Индии. Нашим очередным пунктом был Мадрас, но туристские начальники разместили нашу группу километрах в тридцати от города, в мотеле, расположенном на самом берегу океана. Я оказался вместе с молодым сотрудником Института прикладной математики (ИПМ) в двухместном номере, в котором, на наше несчастье, не работал кондиционер.

Эту неприятность мы преодолевали следующим образом. Вечером вытаскивали свои матрасы на опустевший пляж и укладывались спать под рокот прибоя, ногами к воде. Примерно в половине шестого утра нас будило Солнце, которое там, в отличие от Черноморского побережья, не тонуло в океане, а всплывало из него на горизонте в виде раскаленного красного шара.

Километрах в полутора от берега, по-видимому, там, где плоское дно шельфа обрывалось в глубину, мы видели белую полосу наката, заставлявшую вспомнить рассказ Джека Лондона «Прибой Канака». В этом рассказе речь идет, если Вы помните,

о двухступенчатом прибое у берегов Гавайев: ближнем, слабом, «Вахине», и дальнем, могучем, «Канака».

Так вот, белая полоса отдаленного наката занимала мое воображение, и мне не давала покоя мысль, что надо доплыть до этой полосы и пронырнуть сквозь нее, как это делали герои Джека Лондона. Я каждое утро просыпался с этой мыслью, и в конце концов понял, что не успокоюсь до тех пор, пока не реализую этот замысел.

В один прекрасный день, когда океан казался особенно спокойным и приветливым, я ранним утром надел ласты и, отказавшись от маски, чтобы не ограничивать поле зрения, отправился в путь. Никаких спасателей, которые могли бы мне помешать, на берегу не было.

Плыть было легко, и прибой «Канака» был виден все более отчетливо. Я как-то незаметно приближался к нему все ближе и, глянув в очередной раз вперед, почувствовал дрожь в коленках. В этот момент я находился метрах в двухстах от своей цели. Белая полоска превратилась в зловеще мерцавшую в пронизывавших ее лучах восходящего Солнца водяную стену высотой метра в три, через загигавшийся гребень которой с угрожающим ревом переливалась ослепительно белая пена.

Было такое впечатление, что со стороны океана периодически подъезжает самосвал, опорожняющий на гребне этой стены свой кузов — зрелище было не для слаонервных. Мною овладело чувство страха перед мощью стихии, открывшейся моему взору, и острое желание отказаться от своей затеи. Проплыв с этим настроением еще полсотни метров, я остановился и обрел способность трезво оценивать ситуацию. Мне она в тот момент представлялась следующей: чтобы решить задачу нужно поднырнуть под эту чертову «Канаку» и вынырнуть с противоположной стороны, где накат еще не набрал силу. С этим я, пожалуй, справлюсь, если сумею подобраться к водяной стене как можно ближе.

Однако как я вернусь назад? Под пресловутой стеной может быть сильное течение в сторону океана, с которым мне не справиться. Чтобы от него уйти, придется нырнуть гораздо глубже. На какую глубину? Хватит ли мне на это и на обратный путь воздуха? Разложив весь этот пасьянс, я оценил шансы на успех, как минимальные, и понял, что степень риска слишком велика, так что игра не стоит свеч. Вывод был очевиден: если я не хочу пополнить собой печальную статистику без вести пропавших самоуверенных пловцов, то надо поворачивать назад, что я и сделал.

Добравшись без всяких приключений до берега, я почувствовал известное облегчение от того, что сумел преодолеть искушение довести до конца, вопреки логике и здравому смыслу,

задуманную авантюру. Однако попробовать все же стоило... Мораль: дух авантюризма живет в какой-то степени в каждом человеке, весь вопрос только в том, вырвется ли этот дух наружу, и что за этим последует. Итог я подведу, воспользовавшись следующей цитатой из книги Фэйна и Мура «Боевые пловцы»:

*«Тот, кто не боится моря, скоро утонет,
Ибо он пускается в плаванье даже тогда,
Когда этого делать нельзя.
А мы опасаемся моря
И поэтому редко тонем».*

Джон Миллингтон Синг. Острова «Аран»

Станислав Курилов — один в океане

— С боевыми пловцами все ясно — эти люди проходили особую подготовку и работали в аквалангах и, тем не менее, несли очень большие потери, причем не только боевые. А как обстоит дело с обычными людьми, пытавшимися добраться вплавь до островов, окруженных коралловыми рифами, например, с моряками затонувших кораблей?

— Как правило, при таких попытках люди погибали, хотя бывали и исключительные случаи. Приведу один уникальный пример, героем которого был наш соотечественник, Станислав Курилов, причем все обстоятельства были несколько иными, чем у моряков, о которых Вы говорили.

Его легендарная одиссея достойна того, чтобы рассказать о ней подробно. В 1986 году в журнале «Огонек» был опубликован сокращенный вариант повести Курилова «Побег» — лучшая, как потом было признано, публикация года, а в 2004 году, когда автора уже не было в живых, вышла книга *Слава Курилов. Один в океане*. М.: Время, 2004, с предисловием Василия Аксенова. Вот, что написано в ее аннотации:

— По профессии — океанограф, по натуре — романтик, по призванию — гражданин Вселенной, Слава Курилов был в Советском Союзе объявлен невыездным, но смириться с этим не желал. В декабре 1974 года он бежал с туристского лайнера «Советский Союз» вблизи Филиппин. Без еды и питья, без морского снаряжения, оснащенный лишь маской, ластами и трубкой, он проплыл до филиппинского берега около ста километров, проведя в океане почти трое суток. О его пути к свободе эта книга, написанная им самим и увидевшая свет после его смерти.

Вся сознательная жизнь Курилова до 13 декабря 1974 года, когда он совершил свой отчаянный прыжок с палубы океанского лайнера «Советский Союз» в безбрежный океан, была, по существу, моральной и физической подготовкой к этому прыжку.

В юности он был отличным гимнастом; став океанологом, много лет участвовал в океанографических исследованиях от Байкала до Черного моря; провел под водой тысячи часов, включая экстремальные погружения на 60-метровую глубину и жизнь в «подводном доме». Марафонские заплывы в бурном море в ластах и маске были для него привычным делом, как и ночные прыжки в море вслепую с 10-метровой скалы.

В течение 10 лет он упорно занимался йогой и в результате упорных тренировок научился так замедлять метаболизм, что мог неделю пробыть без воды и несколько недель без пищи и просидеть неподвижно 4-5 минут в позе йога под водой (такой техникой владел «человек-дельфин» Жак Майоль, впервые в мире преодолевший 100 метровый рубеж при глубоководном нырке без акваланга). В дополнение к своей основной специальности океанолога, будучи сотрудником Института океанологии, закончил заочно мореходное училище и получил диплом штурмана дальнего плавания.

Что касается задуманной им операции, то она сформировалась в его сознании, когда он окончательно убедился в своем «невъездном» статусе. Для ее осуществления Курилов выбрал тот самый круиз «Из зимы в лето», с которого началась наша беседа о странах далеких и близких. В этот круиз предстояло идти в 1974 году туристскому лайнеру «Советский Союз».

После истории с Гейченко конструкция иллюминаторов была изменена: они открывались путем поворота стекла вместе с рамой вокруг диаметральной оси, так что вылезти через иллюминатор было невозможно. Кроме того, корабль был оснащен подводными крыльями, тянувшимися от носа до кормы. Курилов знал обо всем этом и решил, что его единственный шанс — прыгнуть за борт с главной палубы, с кормы корабля, где расстояние от кромки фальшборта до ватерлинии было минимальным (15 м!), причем ночью и в штормовую погоду, чтобы исключить возможность «спасения».

На этот рейс он приобрел туристскую путевку. Его целью был остров Сиаргао, принадлежащий Филиппинам, имеющий протяженность с севера на юг 18 морских миль (около 33 км). Корабль должен был следовать, судя по штурманской карте, на которую сумел бросить взгляд Курилов, вдоль этого острова на расстоянии 10 миль в течение одного часа.

8-го декабря «Советский Союз» покинул Владивостокский порт и взял курс на юг. Через 5 дней, 13 декабря, корабль начал приближаться к острову Сиаргао. К ночи он должен был оказаться на траверзе острова.

Судьба, как известно, бывает благосклонной к смелым, и все сложилось, как требовалось для успеха плана Курилова, — к

ночи надвигался шторм. Высота волн достигала 7 метров. Прыгнуть предстояло, если точно согласовать момент прыжка с фазой очередной волны, с высоты 12–15 м, но теперь это было не спортивное упражнение, а «русская рулетка», ставкой в которой была жизнь.

Пересказать своими словами последующие события было бы невозможно. Чтобы Вы лучше почувствовали их драматизм, предоставлю слово самому Курилову. Последующая длинная цитата заимствована из его книги.

— Я посмотрел на часы: времени оставалось совсем немного. Было так хорошо сидеть среди друзей и ни о чем не думать.

— Пора, — велел я себе. — Лайнер у северной оконечности острова. У тебя есть полчаса. Я встал из-за стола.

— Куда же ты! Посиди с нами!

Мне не хотелось придумывать какую-нибудь ложь в такой важный для себя момент.

— Я не скоро вернусь, — сказал я тихо, но внятно и пошел к выходу, не дожидаясь дальнейших расспросов.

Через полчаса, когда лайнер будет проходить возле острова Сиаргао, я шагну через борт, через границу государства. Я поднялся на верхний мостик и стал всматриваться в горизонт на западе. Никаких огней. Нет луны. Нет звезд. И у меня нет компаса.

— Не все ли равно теперь! — подумал я. — Жребий брошен.

Я вернулся в каюту сделать последние приготовления. Надел короткую майку, узкие шорты, чтобы не мешала ни одна складка, несколько пар носков, необходимых на острых рифах, на шею повязал платок, на случай, если придется перевязать рану. Мысль о спасательном жилете я отбросил сразу — он бы сильно замедлял плавание, да я и не решился бы пронести его на корму. У меня был амулет. Я сделал его сам еще в Ленинграде по способу, взятому из «Книги царя Соломона», переведенной неизвестно кем и попавшей ко мне из самиздата. Он должен был хранить меня от акул и других опасностей, но его действие ограничивалось только одними сутками. Письмо или записку я не мог оставить: ее могли прочесть до того, как я появлюсь на корме. Я присел на койку. С этой минуты я, слабый человек, бросаю вызов государству. В моей жизни никогда не было момента, равного этому по важности. Я попросил у Бога удачи — и сделал свой первый шаг в неизвестность. Со своей родной землей, Россией, я простился раньше, во Владивостокской бухте. Сейчас я бежал из Советского Союза.

Я спустился по трапу на корму главной палубы. Там стояла раскладушка, и на ней сидели трое матросов. Подойдя к фальшборту, я постоял несколько мгновений. Нельзя было прыгать прямо у них на глазах. Мне представилось, как они немедленно

дадут знать по телефону (он висел у них над головой) на капитанский мостик, последует сигнал «Человек за бортом», и меня тут же начнут искать прожекторами.

Я опять поднялся на шлюпочную палубу и стал обдумывать создавшееся положение. Времени уже совсем не оставалось — через полчаса, согласно моим расчетам, лайнер минует остров. Прыгать во что бы то ни стало, даже на глазах у всей команды!

Я снова спустился вниз. Два матроса куда-то исчезли, а третий стелил постель на раскладушке, повернувшись ко мне спиной.

Я облокотился одной рукой о фальшборт, перебросил тело за борт и сильно оттолкнулся. Заметить мой прыжок было трудно — так быстро я оказался за бортом. Полет над водой показался мне бесконечным. Пока я летел, я пересек некий психологический барьер и оказался по другую его сторону совсем другим человеком...

Траекторию полета я рассчитал хорошо. Оказавшись за бортом, я резким движением развернул тело ногами к корме, а спиной к поверхности воды. Некоторое время я летел в этом горизонтальном положении, пока не почувствовал, что сила инерции стала ослабевать, и я падаю почти вертикально, спиной вниз. В этот момент я стал плавно поворачивать тело так, чтобы войти в воду ногами под небольшим углом. Я пролетел эти пятнадцать метров в полной темноте и удачно вошел в воду ногами под острым углом, не выронив сумки с плавательными принадлежностями, чего очень боялся. Меня сильно скрутило струей воды, но в последний момент я успел крепко прижать сумку к животу.

Всплыв на поверхность, я повернул голову и... замер от страха. Возле меня, на расстоянии вытянутой руки — громадный корпус лайнера и его гигантский вращающийся винт! Я почти физически чувствую движение его лопастей — они безжалостно рассекают воду прямо рядом со мной. Какая-то неумолимая сила подтягивает меня ближе и ближе. Я делаю отчаянные усилия, пытаюсь отплыть в сторону — и увязаю в плотной массе стоячей воды, намертво сцепленной с винтом. Мне кажется, что лайнер внезапно остановился — а ведь всего лишь несколько мгновений назад он шел со скоростью восемнадцать узлов! Через мое тело проходят устрашающие вибрации адского шума, грохот и гудение корпуса, они медленно и неумолимо пытаются столкнуть меня в черную пропасть. Я чувствую, как вползаю в этот звук. Винт вращается над моей головой, я отчетливо различаю его ритм в этом чудовищном грохоте. Винт кажется мне одушевленным — у него злорадно улыбающееся лицо, меня крепко держат его невидимые руки.

Внезапно что-то швыряет меня в сторону, и я стремительно лечу в разверзшуюся пропасть. Я попал в сильную струю воды справа от винта, и меня отбросило в сторону. Затаив дыхание, я старался оставаться под поверхностью воды до тех пор, пока большое световое пятно кормовых прожекторов пройдет мимо. Какое-то время было совсем темно, потом я попал в полосу яркого света. Мне казалось, что меня заметили и поймали в луч прожектора. Но вскоре наступила полная темнота. Я выбросил ненужное уже полотенце, надел маску с трубкой и сделал несколько глубоких вдохов. Вода была довольно теплой, при такой температуре можно плыть очень долго. Я надел ласты и перчатки с перепонками между пальцами. Сумка стала больше не нужна. Мои часы со светящимся циферблатом показывали 20 часов 15 минут по корабельному времени, я выбросил их позже, когда заметил, что они остановились. Лайнер стремительно удалялся...

Исчезновение одного из туристов осталось незамеченным, и никто его не искал. Теперь все зависело только от него самого. Станислав плыл на запад, ориентируясь по тучам, сгустившимся на горизонте, используя весь свой опыт, — один в бескрайнем океане, среди огромных волн.

Остров он увидел на горизонте только в середине следующего дня. Волны стали меньше, плыть было легко, Станислав не испытывал ни жажды, ни голода, и начал считать себя победителем. Однако к вечеру события приняли драматический характер. Хотя навигационные расчеты Курилова и информация, которую он высмотрел на штурманской карте, оказались в основном правильными, но он не учел существования течения, в которое попал, приблизившись к острову. Свою ошибку он обнаружил только перед заходом Солнца, когда заметил, что остров удаляется, и понял, что течение неумолимо уносит его в открытый океан.

Еще одну ночь Станислав плыл на пределе своих сил в кишасщем акулами океане, пытаясь изменить направление, ориентируясь по звездам. Через несколько часов, когда ноги уже почти отказывались ему служить, и он был близок к отчаянию, Станислав услышал отдаленный шум прибоя и понял, что сумел попасть в обратное течение, которое могло снова вынести его к острову, и взял курс на все усиливавшийся рокот. Но самое грозное испытание ждало его впереди, когда он приблизился к источнику рокота, оказавшись с внешней стороны барьерного рифа. Вот что он пишет об этом:

— *Внезапно я услышал глухой рокот справа от себя, повернул голову и понял: «Это конец». Гигантская гора отчетливо высилась метрах в двадцати и медленно двигалась уже прямо на меня, но так медленно, что в течение нескольких секунд я с ужасом, как замороженный, следил за ней. Однако волна не обруши-*

лась на меня, как я невольно ожидал. Какая-то неумолимая сила потащила меня наверх по ее не очень крутому склону, прямо к самому подножью падающего гребня. Я инстинктивно схватился за маску с трубкой и успел сделать глубокий вдох. Гребень стал рушиться на меня, а затем меня затащило под него. Какое-то мгновение я находился прямо под ним, в завитке волны, как в пещере. Потом мое тело оказалось в бушующем потоке воды — внутренние силы волны извивали меня винтом, переворачивали много раз через голову, крутили во все стороны, пока не ослабли.

Я стал всплывать на поверхность, совершенно не представляя, как глубоко под водой я мог оказаться. Я успел лишь отметить про себя, что меня не ударило о риф и моя маска с трубкой со мной, пошевелил ногами — ласты тоже были на месте. У меня хватило дыхания добраться до поверхности, хотя, по моим ощущениям, я всплывал довольно долго. Я стал жадно глотать свежий воздух и, наконец, понемногу отдышался. В эту минуту я увидел, как недалеко от меня в ореоле голубоватого сияния поднимается новая волна...

Прошло еще несколько волн, и я был погребен под каждой из них. Увидев, как новая волна приближается из темноты, я понял, что она будет для меня последней. Я простился с жизнью и в эту минуту вспомнил, как мне удавалось удерживаться на гребнях больших волн, плавая в Черном море. Правда, то были просто волны-карлики по сравнению с теми, что мне пришлось увидеть сейчас. Так же, как тогда, я быстро развернулся спиной к волне, и на этот раз она подхватила меня и понесла в падающем гребне с огромной скоростью сначала далеко вперед, а когда отхлынула обратно, — назад. Я легко выбрался на поверхность и поплыл, не теряя времени, вместе с движением волны.

Так повторялось много раз, и постепенно все уменьшавшиеся по силе волны перенесли его через риф, и он оказался в лагуне. Еще много часов Курилову, казалось, потерявшему последние силы в борьбе со страшным прибоем, пришлось плыть, чтобы пересечь лагуну. На берег Станислав выбрался, чуть живой, уже глубокой ночью.

Когда он предстал перед несколькими местными жителями, возвращавшимися с ночной рыбалки, весь покрытый светящимся планктоном, они сначала приняли его за привидение и бросились наутек, но потом, убедившись, что видят человека, отнеслись к нему очень тепло и, приведя в свою деревню, проявили максимум гостеприимства, хотя так и не смогли понять, откуда он появился.

На следующее утро события, правда, начали развиваться уже по другому сценарию. Появились два полицейских, которые немного понимали английский язык, но не поверили ни единому

слову из его рассказа. Это не трудно было понять, так как на памяти островитян не было случая, чтобы какой-нибудь пловец добрался бы до острова, преодолев защищавший его барьерный риф.

Дальше последовало полугодовое пребывание Станислава на Филиппинах под надзором полиции, включая полтора месяца, проведенных в тюрьме, закончившееся его депортацией в Канаду. У Курилова проживала там родная сестра (с которой у него после ее замужества и отъезда не было в течение 10 лет никакой связи). Это создало легальную основу для его депортации.

В результате мечта Станислава сбылась — ему стали доступны все моря и океаны нашей планеты. После 11 лет работы по специальности в Канаде Курилов переехал в Израиль, где нашел теплое море, красавицу жену и возможность продолжать заниматься любимым делом в Хайфском океанографическом институте.

Курилов не боялся смерти и не раз смотрел ей в глаза, но однажды потерпел поражение. Это случилось 29 января 1998 года при проведении подводных работ в озере Кинерет, по водам которого, согласно библии, когда-то ходил Иисус. Напарник Курилова запутался в сетях, когда у них уже заканчивался воздух в аквалангах. Станислав сумел освободить его, но сам при этом погиб. Он остался самим собой даже в смерти...

Из опубликованного интервью с его вдовой, Еленой Генделевой-Куриловой:

— *Когда он умер, у него было такое величественное лицо, как у древнего рыцаря или воина. При жизни оно у него было совсем другое — невероятно доброе, кроткое. А после жизни появился отпечаток величия. И была какая-то странная улыбка. У меня даже нет слов ее описать. Как бы улыбка знания. Потом она исчезла...*

— *Б. И., последняя из поведенных Вами историй превосходит по эмоциональной силе все предыдущие. Она лишний раз подтверждает, что наша страна, многократно рождавшая «очарованных странников», как правило, была к ним не очень ласкова.*

Однако давайте снова вернемся к Австралии. Вы уже упоминали раньше об отношении в этой стране к своей истории. Нельзя ли рассказать об этом поподробнее?

— Рассказать можно многое — благо информация, позволяющая сделать соответствующие выводы, даже не обладая аналитическим умом Штирлица, встречается на каждом шагу. Ограничусь тем, что больше всего бросается в глаза.

Во-первых, существует настоящий культ капитана Кука. Упоминание о нем (так же как в Испании о Колумбе) вы встречаете постоянно — на вывесках, в названиях тех или иных объектов, включая дороги, на мемориальных досках и т. д.

Во-вторых, вы постоянно наталкиваетесь на бесчисленные военные памятники, посвященные австралийцам и новозеландцам, погибшим в войнах, в которых участвовала их родина. Есть монументальные сооружения, есть крохотные и очень скромные, но все они тщательно оберегаются и содержатся в безупречном состоянии. Не буду проводить грустных параллелей — они напрашиваются сами, но не могу не отметить некоторые особенности всех памятников, сооруженных на личные средства ветеранов или на пожертвования состоятельных людей.

Первые, как правило, очень скромные, например, скамейка с такой надписью: *«Поставлена здесь ветеранами роты (батареи, эскадрильи) X, Y или Z, чтобы можно было посидеть и вспомнить наших товарищей, погибших в бою под городом N или M».*

Вторые бывают и пышные, подобные нашим официальным надгробиям, например, высокая стела в сквере на набережной в Кэрнсе с надписью примерно такого содержания: *«В память о ветеранах отдельной эскадрильи самолетов „Каталина“, выполнявшей специальные операции на Тихоокеанском театре военных действий... Сооружена на средства бывшего губернатора штата Квинслэнд такого-то».* Ниже список из более, чем 300 фамилий погибших. Кстати, такие списки пехотинцев, моряков, летчиков, обязательно есть почти на любом памятнике, от крошечного до громадного.

Еще одна особенность мемориальных сооружений. Там, где встречаются человеческие фигуры, это, как правило, не чудо-богатыри — косая сажень в плечах, — а обычные люди, измученные, согнувшиеся под неимоверной тяжестью того, что они несут на себе или волокут, страдающие от голода, жажды и ран...

Все эти памятники вызывают чувство большого уважения. Некоторая накладка получается, правда, с абorigенами, которые как-то не вписываются в официальную историю. Этой проблемой, как нам говорили, начали очень серьезно заниматься в последние годы, и есть некоторые достижения, но ничего определенного об этом тонком вопросе я сказать не могу.

— *Были ли у Вас какие-либо интересные встречи?*

— Пожалуй, наиболее интересная встреча была с нашим соотечественником. Это случилось на набережной в Сиднее. Он привлек внимание тем, что исполнял, аккомпанируя себе на гитаре, «жгучие романсы» на русском языке, и вывеской, прикрепленной рядом, о содержании которой я поведаю ниже. После неизбежного в такой ситуации интервью выяснилось, что исполнение русских романсов лишь краткий эпизод в его биографии, призванный пополнить кассу, а основная его задача — кругосветное путешествие на велосипеде (о чем как раз и говорилось на вывеске), половину которого он уже проделал

(за год). Велосипед стоял тут же. Как выяснилось, велопутешественник родом из Рязани, путешествует один, зарабатывая деньги, как придется.

Как мы заметили, особой популярностью у слушателей пользовался в его исполнении известный романс «Гори, гори, моя звезда». На мой вопрос, знает ли он, кто автор слов этого романса, бард-велопутешественник бодро ответил, что слова народные, и был несколько обескуражен, когда я сказал ему, что слова романса народная молва приписывает адмиралу Колчаку (не уверен, что Вы, в отличие от велопутешественника, об этом слышали).

Под впечатлением нетривиальной встречи с этим своим соотечественником мы прикинули, что расстояние, которое успели пролететь на самолетах с момента вылета из Москвы, составило порядка 18 тысяч километров, то есть около половины длины земного экватора, и что на обратном пути предстояло пролететь, включая внутренние рейсы, примерно столько же. Таким образом, получалось, что мы с рязанским велопутешественником являемся в определенном смысле коллегами, только стоящими почти на противоположных ступенях цивилизации, если учесть различие в используемых транспортных средствах (слово «почти» можно было бы опустить, если бы мы использовали для перемещения спутник, а он — собственные ноги).

— *Что бы Вы посоветовали человеку, отправляющемуся в путешествие в Австралию?*

— Мой совет будет сугубо прагматичным: не стесняйтесь брать с собой в качестве подарка традиционные деревянные ложки и классические матрешки (желательно маленькие и не с Арбата). Как ни странно, этот товар еще не успел завоевать австралийский рынок, и современные австралийцы (австралийки) относятся к нему так же трепетно, как и их предшественники — австралийские аборигены — к некоторым из товаров, привозимых капитаном Куком. В этом Вы можете убедиться, поглядев на фотографию австралийской барышни (кассирши), держащей в руке подаренную нами матрешку.

— *Вы много путешествовали. В каком из городов Вы чувствовали себя наиболее комфортно? Какой из городов произвел на Вас наибольшее впечатление?*

— Пожалуй, наиболее комфортно я себя чувствовал в трех городах: в Барселоне, Милане и Вене — не только из-за их своеобразия и красоты. В первых двух я жил довольно долго, причем не как турист, поспешно перепрыгивающий от одной достопримечательности к другой, а как «вольная птица» — это не могло не повлиять на мои субъективные ощущения. В третьем это объяснялось отсутствием языкового барьера (спасибо моей суровой учительнице немецкого языка Анне Йоганновне Тримм).

Что касается «наибольшего впечатления», то в качестве самого волшебного города я назвал бы Венецию, самого удивительного — Сан-Франциско, а самого прекрасного — город, о котором король Наварры — будущий король Франции Генрих IV сказал (при определенных обстоятельствах и более 400 лет назад): «*Париж стоит мессы*».

Должен оговориться, что, в отличие от короля Наварры, фраза которого была аллегорией, я имею в виду именно *город* Париж, как и мой друг, Марк Галлай, сказавший мне после своего первого посещения Парижа: «*Таки Генка был прав!*»

Чтобы пояснить аллегорию Генриха Наваррского, мне придется несколько отступить от нашей темы, но я надеюсь, что Вы не будете на это в претензии. Общепринятое объяснение смысла его фразы звучит так. Он хотел сказать, что корона короля Франции стоит того, чтобы поменять протестантское вероисповедание на католическое. Если учесть, что мать Генриха, королева Наваррская, Жанна д'Альбре, была ревностной протестанткой и воспитала сына в строгих канонах своей веры, его заявление следует считать довольно неожиданным.

Иногда это заявление связывают с трагическими событиями 24 августа 1572 года, вошедшими в историю под названием «Варфоломеевской ночи», когда только в Париже было убито за одну ночь 40 000 протестантов, а общее число жертв превысило 60 000. По иронии судьбы накануне этого страшного дня состоялась свадьба Генриха Наваррского, в то время еще протестанта, и сестры короля Франции Карла IX (одного из вдохновителей резни), Маргариты (будущей героини романа Александра Дюма «Королева Марго»). Самому Генриху оставалось тогда до того, чтобы стать королем Франции Генрихом IV, еще двадцать два года.

Однако все это только «присказка», а истинная версия, опирающаяся на некоторые документы, сохранившиеся в архивах, которую я услышал от Владимира Игоревича Арнольда, заключается в следующем. Более, чем через десять лет после «Варфоломеевской ночи» мать Маргариты, Екатерина Медичи, организовала в Понтуазе (около 10 км от Парижа) нечто вроде философского семинара, на котором обсуждались в непринужденной манере самые различные философские, религиозные и иные вопросы. Так вот, на одном из заседаний семинара возник чисто абстрактный вопрос о том, можно ли сменить веру ради королевской короны.

Генрих не принял тогда участия в его обсуждении, но при ближайшем свидании со своей любовницей, Габриэль д'Эстре, находившейся в то время в Понтуазе, спросил, что она думает по этому поводу. Габриэль была не только красавицей, но еще и

деловой женщиной. Поэтому она перевела вопрос в практическую плоскость. Ответ ее в вольном переводе звучал примерно так:

«Почему бы нет? В этой глуши мы все время у всех на виду, и каждая наша встреча — проблема. В Париже, будь ты королем Франции, все было бы гораздо проще, и обстановка для наших встреч была бы куда более благоприятной».

Это соображение, по-видимому, произвело на Генриха должное впечатление, и сыграло определенную роль в его кредо, которое он впоследствии сформулировал в своей знаменитой фразе, вошедшей в историю. Однако Габриэль д'Эстре Париж стоил не мессы, а жизни — в Париже она была отравлена.

— *Б. И., я благодарен Вам за этот исторический экскурс, но напрашивается еще один вопрос на близкую тему: В каком из городов, в которых Вам довелось побывать, встречаются на улицах самые красивые представительницы прекрасного пола? Вероятно, в том самом городе, который «стоит мессы»?*

— Я не специалист в этом тонком вопросе, и Вы обратились с ним не по адресу, но, коль скоро Вы его уже задали, отвечу: *Ничего подобного, самые красивые девушки и женщины встречаются отнюдь не в Париже, а во Владивостоке. За ним из известных мне городов следует Милан.* Научным объяснением этого факта я не располагаю, поэтому ограничусь одним иллюстративным примером (как говорил великий Ньютон, примеры не менее поучительны, чем правила).

Небольшая сценка на одной из улиц Милана. На обочине стоит легковой автомобиль, рядом с ним — с понурым видом — его владелец. Неподалеку, небрежно опираясь на свой мотоцикл, девушка-полицейский, выписывающая штрафную квитанцию провинившемуся водителю.

Она одета в черную кожаную униформу, перепоясанную широким белым ремнем с портупеей. На нем — пистолет в белой кобуре, портативная рация и еще какие-то блестящие штуки непонятного назначения. Картину дополняет белый шлем с поднятыми на него огромными темными очками. Но, боже мой, какая фигура, изящество которой не могут скрыть даже кожаные доспехи! А лицо — мадонны, сошедшей с одного из бессмертных полотен Рафаэля!

Я, очарованный, хожу вокруг, вооруженный фотоаппаратом, в ожидании своего выхода на сцену. Но вот операция закончена, и представительница итальянской ГАИ застегивает планшет и собирается оседлать свой мотоцикл. Мне ясно: *«Теперь или никогда».* И я, тщательно подбирая английские слова, робко прошу разрешения сфотографировать ее, чтобы в далекой Москве узнали, какие красавицы живут в Милане.

Внутренне я готов к тому, что она пошлет меня подальше, но происходит чудо: суровое выражение лица девушки-полицейского сменяется очаровательной улыбкой, и я слышу волшебное: «*Why not?*». С этими словами она грациозным движением снимает свой шлем, и ее прекрасные черные волосы рассыпаются по плечам. В этот момент я понимаю, что Софи Лорен, Клаудиа Кардинале и Джина Лоллобриджида могут отдыхать...

Так я становлюсь счастливым обладателем самой лучшей из моих итальянских фотографий, которая может служить документальным обоснованием моего ответа на Ваш вопрос.

— *Наверное, я не ошибусь, высказав предположение, что относиться философски к различным жизненным коллизиям, которых у Вас было не мало, Вам помогали не только исторические прецеденты, подобные только что поведенным Вами, но и искусство. Не так ли?*

— Отчасти это так, если термин «искусство» толковать расширительно, вложив в него доступные мне, в какой-то мере, живопись, скульптуру и архитектуру, но главное — «инженерное искусство».

Мое пребывание за границей, конечно, не исчерпывалось научными докладами и лекциями. Очень интересными были поездки по странам, где мне удалось побывать. Незабываемые впечатления остались от поразительных городов и музеев Италии и Испании (одни названия звучат как музыка: Венеция, Флоренция, Рим, Барселона, Мадрид), от индустриальной цивилизации США, Канады и Австралии с их небоскребами, автострадами с многоуровневыми транспортными развязками, гигантскими висячими мостами. Эта цивилизация сочетается с поразительными по красоте природными заповедниками (упомяну хотя бы Иосемитскую долину в США и подводный мир в районе Большого барьерного рифа в Австралии!)

При всем моем уважении к различным художественным школам в живописи я больше всего люблю французских импрессионистов и постимпрессионистов — Ренуара, Сезанна, Дега, Сислея, и классическую скульптуру, восходящую к мастерам древней Эллады. В архитектуре мои привязанности не столь консервативны. Я не только испытываю благоговение перед такими шедеврами архитектуры, как храм Василия Блаженного или Миланский собор, но и восхищаюсь творениями классиков архитектуры — наших современников, Норманна Фостера, Эрика Ван Эгераата и их предшественников, Ле Корбюзье, Мельникова, Нимайера, Райта, Сааринена и других.

Мне посчастливилось повидать немало замечательных произведений искусства не только в наших музеях, но и в музеях и картинных галереях Рима, Флоренции, Вероны, Мадрида,

Барселоны, Праги, Будапешта, прикоснуться к священным камням Парфенона, побывать на развалинах Римского Колизея, проплыть по «*Canale Grande*» («Большой канал») в Венеции и лицезреть воочию знаменитые Дворец Дожей и Собор Святого Марка в этом сказочно прекрасном городе...

— *Не могли бы Вы назвать произведения искусства, которые произвели на Вас неизгладимое впечатление?*

— Вы, конечно, не ожидаете от меня тривиального ответа типа: «*Сикстинская мадонна*» Рафаэля, «*Мона Лиза*» Леонардо да Винчи или «*Венера Милосская*» скульптора Агесандра. Если говорить о произведениях живописи, то ответить на Ваш вопрос я не в состоянии — слишком сложен выбор. Что касается скульптуры, то попытаюсь дать ответ, который, по-видимому, не будет тривиальным. Назову два произведения, и сразу оговорюсь, что меня потрясло в них не столько искусство скульптора, сколько оригинальность его замысла и композиционное совершенство этих произведений. Авторы этих произведений мне неизвестны.

Первая скульптура, точнее, скульптурная группа, называется «*Тираноубийцы*»; ее я видел в одном из Миланских музеев. Она изображает двух воинов, стоящих, сделав шаг вперед, точно в такой же позе, как герои известной скульптуры Мухиной, держащих поднятый вертикально над головой двуручный меч. Отличие только в том, что сделанный ими шаг вдвое короче, чем у героев Мухиной (не знаю, было ли ей известно это произведение или она сама придумала совершенно аналогичную композицию). По-видимому, в музее представлена римская мраморная копия произведения одного из великих скульпторов древней Эллады (но не Фидия, работы которого появились позже, во времена Перикла), изобразившего тираноубийц Гармодия и Аристоклейтона.

Об оригинале я узнал из исторического романа И. А. Ефремова «*Таис Афинская*». Эта афинская бронзовая скульптура была вывезена в числе других статуй персидским царем Ксерксом из разграбленной им Эллады в Сузу, где ее обнаружил 80 лет спустя во время одного из своих походов Александр Македонский. Скульптура была по его приказу отправлена в Афины.

Дальнейшая ее судьба мне неизвестна. Возможно, что она разделила судьбу великого художественного наследия древней Эллады, выполненного в бронзе. Ефремов пишет, что только ничтожная его часть, дошла до нас, так как невежественные завоеватели рассматривали бесценные произведения искусства просто как цветной металл (к слову сказать, аналогичный синдром проявлялся некоторыми нашими современниками, облеченными властью).

Вторая скульптура, о которой я хотел сказать, находится в том же Милане, на одном из кладбищ — это памятник, установленный на могиле молодой девушки. Фигура девушки изваяна из белого мрамора — она, откинувшись назад, отчаянно стремится вырваться из складок черного плаща, обвивающего ее ноги. В этот плащ закутана стоящая неподвижно вторая фигура, выполненная, как и ее плащ, из черного мрамора — воплощение Смерти. Застывшая динамика этих двух фигур производит потрясающее впечатление...

— *Вернемся к более веселым материям — к архитектуре и инженерному искусству. У Вас наверняка есть, что сказать на эту тему.*

— Мне действительно удалось познакомиться с такими замечательными образцами современной архитектуры и инженерного искусства, как высотные здания Сан-Франциско, Лос-Анджелеса, Сиэтла, Сиднея, Токио, и поражающими воображение всеячими мостами в том же Сан-Франциско, Ванкувере и Стамбуле, полюбоваться изящными надземными скоростными дорогами в Сиднее и в Ванкувере (в последнем она носит гордое название «*Sky Train*») и оригинальными архитектурными комплексами Лас Вегаса.

Часто я испытывал при этом двойственное чувство: восхищение безграничными возможностями инженерной мысли и разочарование от того, что некоторые смелые идеи, появившиеся впервые в нашей стране, нашли блестящее конструктивное воплощение только за ее пределами.

Взять, к примеру, отечественную теорию вантовых конструкций (сам этот термин был введен в литературу по теории сооружений моим покойным отцом), лежащую в основе расчета на прочность и устойчивость всех современных всеяких мостов с гигантскими пролетами, или получившую мировое признание общую теорию тонкостенных конструкций безопорных перекрытий, разработанную одним из талантливых учеников Исаака Моисеевича Василием Захаровичем Власовым, и многое другое.

Однако эта тема заслуживает отдельного разговора. Давайте отложим его на конец нашей беседы.

— *Борис Исаакович, хотел бы спросить Вас, что из виденного Вами, созданного природой и руками человека, Вы отнесли бы к категории Чудес Света?*

— Это, как Вы, конечно, понимаете, трудный вопрос. И все же я попытаюсь на него ответить. Из всего, что мне повезло повидать, чудесами природы я назвал бы, в первую очередь, *Долину гейзеров* на Камчатке и *Большой барьерный риф* у побережья Австралии, а чудом, сотворенным руками человека, — *мавзолеем Тадж Махал* в Агре (Индия), сооруженный в семнадцатом веке.

Это здание, потрясающее воображение, повелел построить Шах Джахан в качестве мавзолея, в котором была размещена гробница его безвременно скончавшейся любимой жены. Когда строительство было завершено (на это ушло около двадцати лет работы 20 000 строителей), Шах Джахан был свергнут с престола любящим сыном, убившим предварительно трех своих братьев, и заточен в тюрьму. Долгие годы, до самой смерти, Шах Джахан имел возможность смотреть сквозь зарешеченное окно своей камеры на сверкающий под лучами экваториального Солнца величественный, ослепительно белый, Тадж Махал.

Мораль этой истории такова: шахам, королям и другим равным им по статусу особам предпочтительнее иметь дочерей, а не сыновей — даже в худшем случае неприятностей все же меньше (см. историю короля Лира).

И еще одно дополнение: если Тадж Махал я считаю непревзойденным чудом архитектуры, то наивысшим чудом инженерной мысли я назвал бы висячий мост *Golden Gate Bridge* в Сан-Франциско, а наиболее яркой современной версией сочетания того и другого — знаменитый оперный театр в Сиднее (Австралия), сооруженный по проекту датского архитектора Йорна Утзона.



Сиэтл (США).
Телебашня "Space needle"



Сиэтл. Вид с телебашни на даун-таун



Сиэтл. Вид со стороны моря



Сиэтл. Общая панорама города



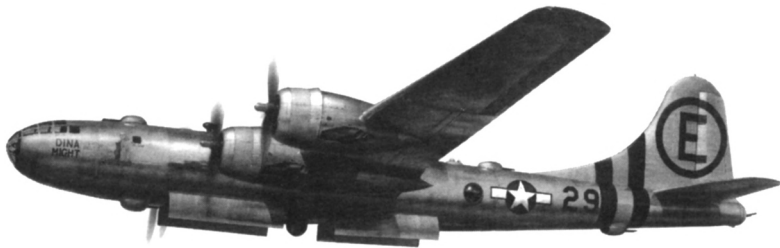
Сиэтл. Авиационный музей. Общая панорама внутренней экспозиции



Сиэтл. Авиационный музей. Один из экспонатов — МиГ-21



Сиэтл. Авиационный музей. Внешняя экспозиция



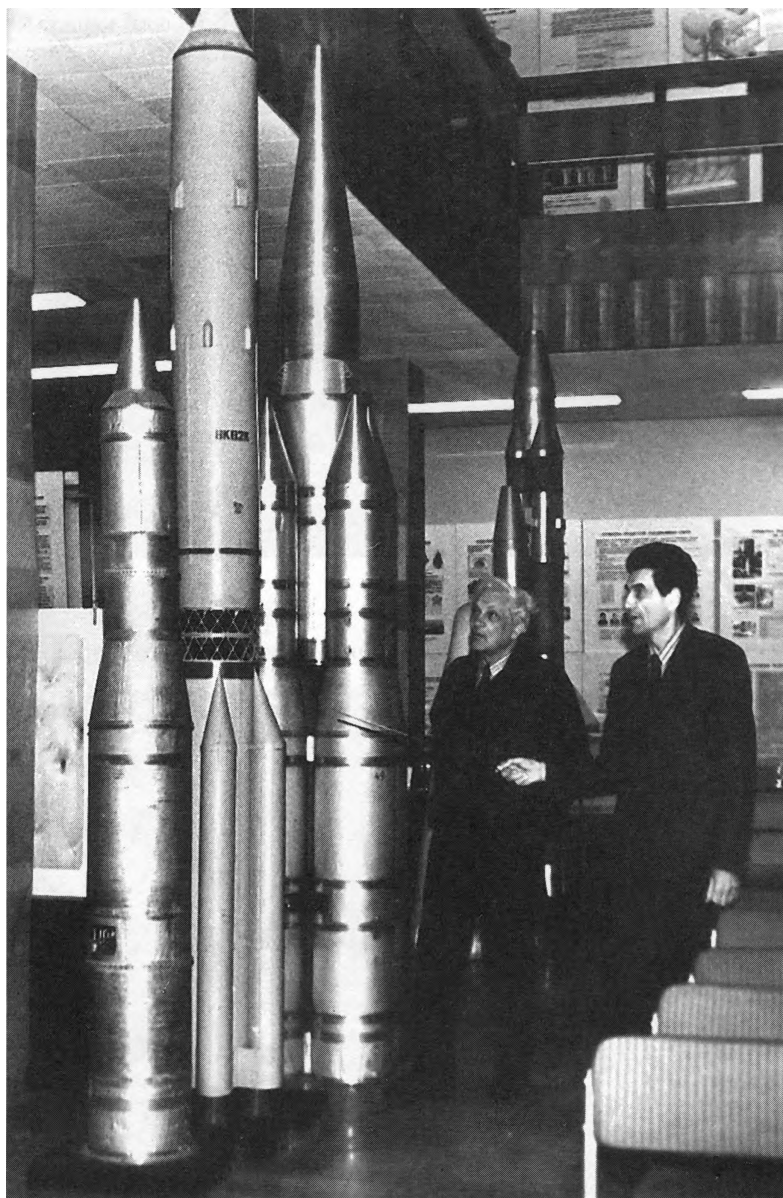
«Боинг В-29» «Суперфоргресс». Остров Тиниан. Марианский архипелаг,
1945 год



В Авиационном музее в Оттаве (Канада, 2000 год)



Монреаль. Аэропорт. С учениками и бывшими сотрудниками, проживающими теперь в Канаде: В. Неварко, Е. Соколин, Р. и И. Касимовы, 2000 год



Б. И. Рабинович и А. Б. Брусиловский в музее ЦНИИМаш, 1999 год



Сан-Франциско.
Даун таун



Сан-Франциско.
Ломбард-стрит — самая
крутая улица в мире



Лас-Вегас



США.
Йосемитская долина





Сидней (Австралия). Общая панорама города



Сидней. Вид с моря. На переднем плане — оперный театр



Сидней. Оперный театр



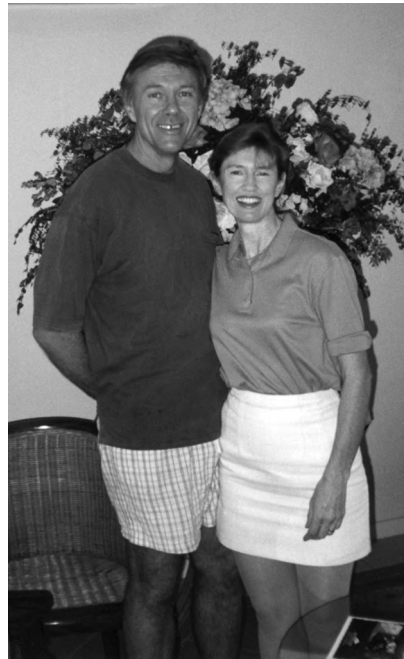
Брисбен. Панорама города



Кэрнс. Приморский бульвар



Кэрнс. Австралийская барышня с русской матрешкой
(кассира местной авиакомпании)



Кэрнс. Хозяева гостиницы
Queens Court



Сидней. Л. Ривлин и рязанский велопутешественник со своим велосипедом



Сидней. Вагон монорельсовой дороги



Кэрнс. Набережная



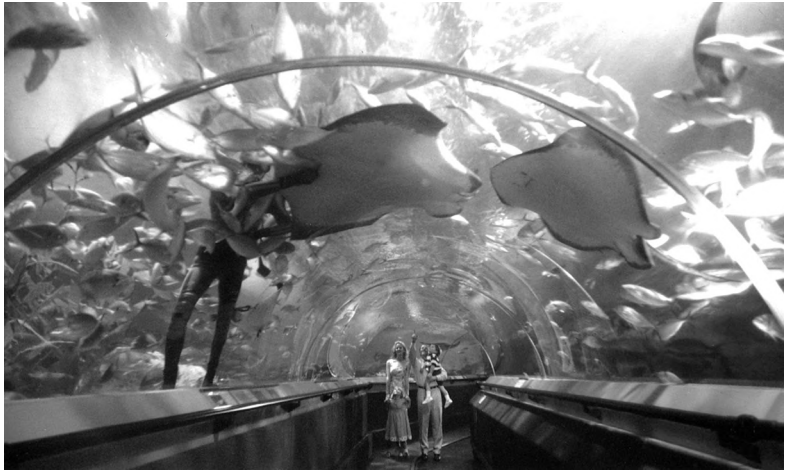
Л. А. Ривлин
и австралийская
флора



Австралийская фауна:
кенгуру с младенцем.
Сидней, заповедник



Австралийская фауна: коалы. Сидней, заповедник



Сидней. Океанариум



Кэрнс. Подводный фотограф



Агра (Индия). Тадж Махал



Миланский собор



Венеция. Площадь святого Марка, Собор Святого Марка
и Дворец дожей



Венеция. Площадь Святого Марка



Венеция. Встреча с Олей и Юрой Тюриными
вблизи площади Святого Марка



Венеция. Собор Святого Марка

Венеция.
Оля и Юра Тюрины
на фоне Дворца дожей



Венеция. Большой канал



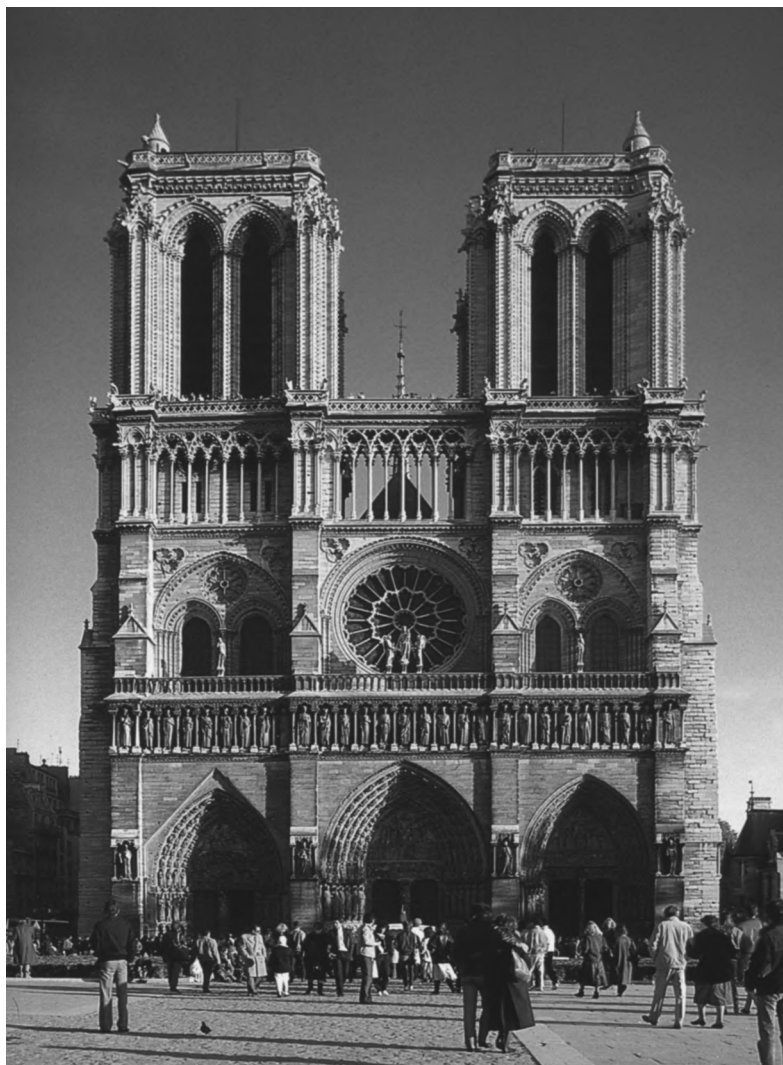
Париж. Эйфелева башня — визитная карточка Парижа



Париж. Триумфальная арка



Париж. Елисейские поля. Вид с Триумфальной арки



Париж. Собор Нотр дам де Пари



Париж. Лувр



Париж. Район Дефанс



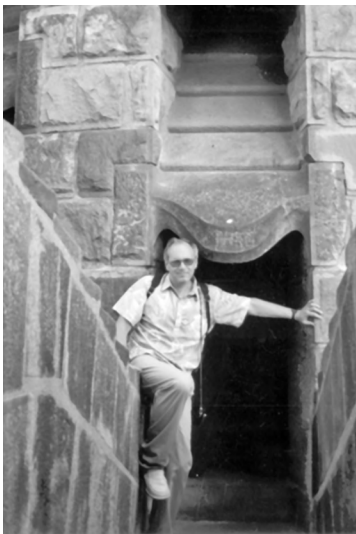
Барселона. Панорама города



Барселона. Тихая улица



Барселона. Собор Саграда Фамилия



Александр Рабинович знакомится с творением великого Гауди



Барселона. Памятник Колумбу



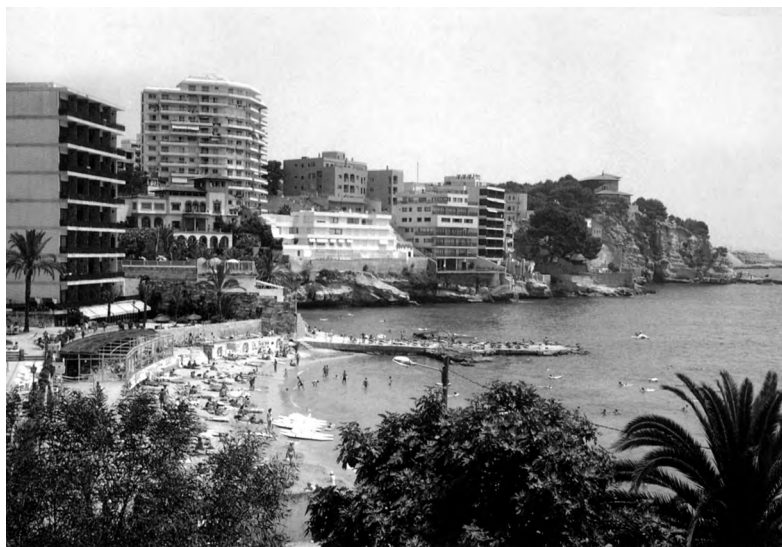
Барселона. Знаменитые фонтаны



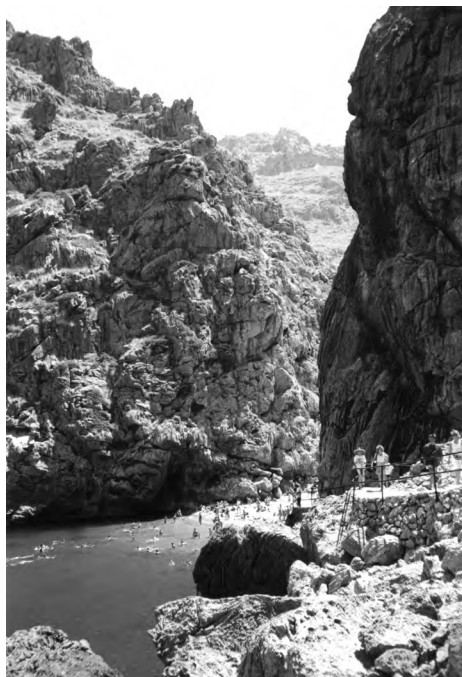
Пальма де Майорка. Панорама города



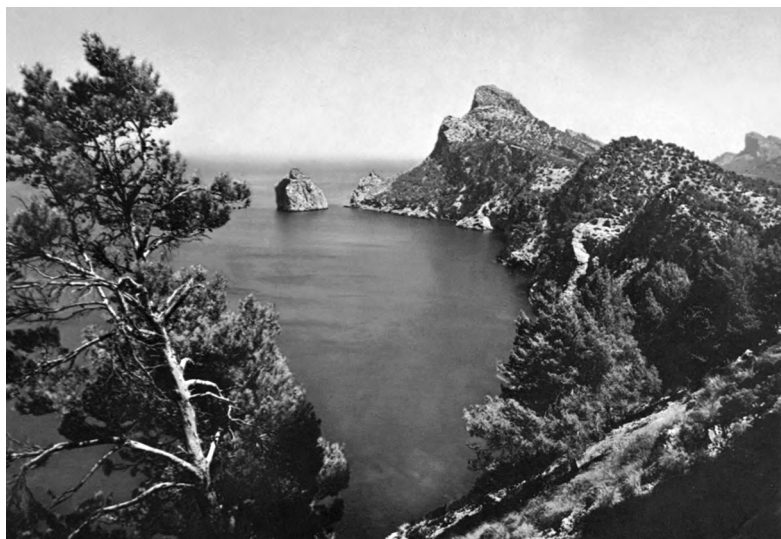
Пальма де Майорка. Набережная



Остров Майорка. Кала Майор. Общая панорама



Остров Майорка.
Torrent de Pareis



Остров Майорка. El Colomer



Остров Майорка.
Formentor



ПРОЩАНИЕ СО СТРАНАМИ
ДАЛЕКИМИ И БЛИЗКИМИ

Солнце, тонущее в море

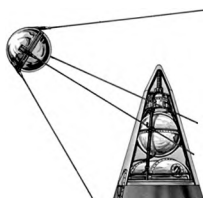


«ТЕ, КТО ЗНАЛИ, КАК БЫЛО ДЕЛО,
УСТУПАЮТ МЕСТО ДРУГИМ,
ТЕМ, КТО ЗНАЕТ СОВСЕМ НЕМНОГО,
И ДАЖЕ МЕНЬШЕ, ЧЕМ НЕМНОГО,
ЗНАЯ В ИТОГЕ НОЛЬ...»

Вислава Шандорская



Рим. Развалины Колизея



К ПЯТИДЕСЯТИЛЕТИЮ КОСМИЧЕСКОЙ ЭРЫ. О ПРОШЛОМ, НАСТОЯЩЕМ И БУДУЩЕМ РКТ

Мечтатели-первопроходцы

— *Борис Исаакович, технические решения, проложившие человечеству дорогу в космос, родились, как известно, не на пустом месте. Хотелось бы услышать о людях, заложивших фундамент науки и техники, превратившей в реальность мечту человечества о космических полетах.*

— Квалифицированный ответ на Ваш вопрос мог бы дать историк-профессионал, специализирующийся в этой области. Я, к сожалению, таковым не являюсь, однако попытаюсь сказать несколько слов о наиболее ярких личностях, вписавших свои имена в историю науки о полетах в космос и ракетную технику, сделавшую такой полет возможным. Эти люди были мечтателями и в то же время первопроходцами.

Вначале, конечно, — о нашем выдающемся ученом Константине Эдуардовиче Циолковском. О нем сказано и написано очень много, и его по праву можно назвать первопроходцем. Конечно, он был мечтателем, намного опередившим свое время. Но некоторые его смелые мечты уже сбылись (искусственные спутники Земли, выход человека в космическое пространство, космическая станция на околоземной орбите («Звезда КЭЦ» в фантастическом романе Александра Беляева), первые люди на Луне), а другие мечты безусловно сбудутся в обозримом будущем.

Первая печатная работа К.Э. Циолковского «Ракета в космическое пространство» появилась в 1903 году. Эта и последующие его работы, публиковавшиеся в течение 32 лет, были переизданы в 1947 году в виде отдельной книги (Циолковский К.Э. Труды по ракетной технике. М.: Оборонгиз, 1947).

Я хотел бы обратить внимание на некоторые предложенные им технические решения, реализованные спустя много лет на практике. Прежде всего — это принцип составных ракет («ракетных поездов» по Циолковскому). На всех современных ракетах-носителях при всем различии их конструктивно-компоновочных схем реализуется этот принцип составной ракеты, придуманный Циолковским.

Важнейшую роль сыграло предложение Циолковского использовать в качестве ракетного топлива пары жидкий кислород – жидкий водород. Помимо наибольшей теплотворной способности, это топливо обладает «экологической чистотой». По иронии судьбы именно эти компоненты топлива были впервые применены не на отечественной ракете-носителе Н-1, а на американской ракете-носителе «Сатурн-5», обеспечившей вывод космических кораблей Аполлон на траекторию полета к Луне.

Преимущество такого инженерного решения (наряду с применением несущих топливных баков, фигурирующих на эскизах космических ракет Циолковского) видно невооруженным глазом из сопоставления коэффициента k , равного отношению массы полезного груза, выводимого на траекторию полета к Луне, к начальной массе носителя:

Н-1 (топливо жидкий кислород — керосин на всех трех ступнях, подвесные топливные баки, начальная масса 2800 т, масса, выводимая на траекторию полета к Луне, 20 т, коэффициент $k = 0,00715$;

«Сатурн-5» (топливо жидкий кислород – керосин на первой ступени, жидкий кислород — жидкий водород на второй и третьей ступенях, несущие баки, начальная масса 2750 т, масса полезного груза, выводимого на траекторию полета к Луне, 43 т, коэффициент $k = 0,0157$ (в два раза больше, чем у Н-1!).

Были реализованы на практике и некоторые другие изобретения Циолковского (например, газовые рули на ракете А-4, профиль крыла с острой передней кромкой на сверхзвуковых и гиперзвуковых крылатых летательных аппаратах).

Особо надо сказать о знаменитой «формуле Циолковского» для конечной скорости ракеты V при отсутствии внешних сил, кроме реактивной: $V = c \ln(m_0 / m_k)$, где c — скорость истечения газов из сопла; m_0 — начальная масса; m_k — конечная масса. Некоторые авторы склонны связывать ее с именем русского механика И. В. Мещерского, который действительно получил аналогичную формулу за несколько лет до Циолковского. Однако формула по праву носит ее современное название, так как потребовался гений Циолковского, чтобы понять, что она открывает человечеству дорогу в космос (для Мещерского это была просто одна из формул механики тела переменной массы).

Вообще с приоритетом Циолковского связано много парадоксальных историй. Через десять лет после того, как Циолковский опубликовал свои основополагающие результаты, появилась книга Германа Оберта с тем же названием, что и у Циолковского «Ракета в космическое пространство», в которой были фактически повторены многие результаты Циолковского. Новая книга Оберта, вышедшая в свет в 1928 году, была издана в русском переводе в 1947 году (*Оберт Г.* Пути осуществления космических полетов. М.: Оборонгиз, 1947).

Герман Оберт ничего не знал о работе Циолковского и получил эти результаты независимо. Познакомившись позже с опубликованными работами Циолковского, он написал ему письмо, в котором признал абсолютный приоритет последнего. Тем не менее, в зарубежной литературе неоднократно предпринимались попытки отдать лавры первооткрывателя Оберту.

К сожалению, ошибки такого рода встречаются не только у иностранных авторов. Не могу не упомянуть в связи с этим о совершенно анекдотическом факте. Профиль крыла с острой передней кромкой, предложенный Циолковским, называется в некоторых отечественных квазинаучных трудах «*профилем Зенгера*», тогда как сам Зенгер называл его «*профилем Циолковского*».

Из числа многих отечественных ученых, вписавших свое имя в летопись космонавтики, остановлюсь на Фридрихе Цандере и Ари Штернфельде.

Фридрих Цандер принимал непосредственное участие в организации Группы по изучению реактивного движения (ГИРД), а с 1932 года становится ее бессменным членом. Впоследствии ГИРД был преобразован в Реактивный научно-исследовательский институт (РНИИ). Я уже говорил, что в этом институте работали до своего ареста будущие знаменитые Главные конструкторы С. П. Королев и В. П. Глушко, а также — М. К. Тихонравов, речь о котором впереди.

Еще до образования ГИРД, в 1930 году, Цандер построил ракетный двигатель ОР-1 с тягой 5 кгс, работавший на бензине и воздухе, а в 1932 году по его проекту был создан первый жидкостный ракетный двигатель с баллонной подачей топлива ОР-2, работавший на бензине и жидком кислороде. Схема этого двигателя была опубликована в книге С. П. Королева (*Королев С. П.* Ракетный полет в стратосфере. М.: Оборонгиз, 1934). По проекту Цандера была создана первая советская ракета ГИРД-Х с ЖРД на спирте и жидком кислороде (проброобраз немецкой А-4!).

Перу Цандера принадлежит целый ряд основополагающих исследований в области теории рабочих процессов в ЖРД и в воздушно-реактивных двигателях (ВРД). Он является автором

многих оригинальных идей в этой области, в частности, идеи использования металлов в качестве горючего. Много внимания он уделял полету в атмосфере самолета с комбинированной силовой установкой (ВРД + ЖРД), прообраза экспериментального самолета «Скайрокет», о котором я говорил в начале нашей беседы.

Но главной своей жизненной целью Цандер считал разработку теории космических полетов. В этой области ему принадлежит ряд замечательных результатов. Ограничусь упоминанием только двух из них. Это — доказательство оптимальности межорбитальных перелетов, реализуемых с помощью мгновенного импульса, и исследование торможения в атмосфере Земли космического аппарата, входящего в нее со второй космической скоростью, которое было практически реализовано через 35 лет при возвращении на Землю после лунных экспедиций отсеков КА Аполлон.

Цандер изучал также оптимальные траектории межорбитальных перелетов с одноимпульсным маневром, независимо от предложенных немецким исследователем Гоманом (в литературе они известны как «Гомановские орбиты»).

В 1937 году, уже после смерти Цандера, был издан сборник статей, содержащий основные его научные результаты (*Цандер Ф. А. Проблема полета при помощи ракетных аппаратов. М.: Оборонгиз, 1947*).

Ари Штернфельд начинал свои исследования в области теории космических полетов во Франции. Его книга «Введение в космонавтику» была опубликована в 1934 году в трудах Французской Академии наук. В 1935 году он переехал в Советский Союз и стал сотрудником РНИИ. Его книга была переведена на русский язык заместителем начальника РНИИ по научной части Г.Э. Лангемаком и издана в 1937 году в Москве. В 1974 году вышло ее второе издание (*Штернфельд А. А. Введение в космонавтику. М.: Наука, 1974*).

Вот, что пишет в своем предисловии к этой книге академик В. П. Глушко: «А. А. Штернфельд посвятил себя теоретическим исследованиям главным образом траекторий космических полетов. Его поиски энергетически наиболее выгоднейших траекторий полета явились значительным вкладом в развитие космонавтики...»

Несколько слов еще о двух представителях отечественной ракетной науки и техники, Ю. В. Кондратюке и М. К. Тихонравове.

Ю. Кондратюку принадлежит целый ряд интересных идей в области теории космических полетов. Наиболее оригинальной из них является предложение об использовании в качестве промежуточной базы для межорбитальных полетов специальной

пилотируемой космической станции, выведенной на промежуточную планетоцентрическую орбиту. Идея промежуточной селеноцентрической орбиты была принята на вооружение американскими разработчиками программы «Сатурн – Аполлон» для высадки астронавтов на Луну и последующего возвращения их на Землю и получила название LOR (*Lunar Orbital Rendezvous*).

Предложил ее своим боссам молодой инженер из Исследовательского центра Лэнгли, Джон Хоуболт, участник этой программы, в критический для нее момент (прекрасный пример исторической роли, которую может сыграть «маленький человек», оказавшийся в нужное время на нужном месте).

Дело в том, что первоначальная стратегия, подразумевавшая прямую посадку на Луну, потерпела полное фиаско, так как требовала совершенно нереальной начальной массы ракеты-носителя. Весь гигантский проект зашел в тупик, и фактически спасло его упомянутое предложение, которое активно поддержал директор NASA Джеймс Вебб, ответственный за программу «Сатурн – Аполлон».

Именно Вебб добился реализации проекта LOR, вопреки мнению таких серьезных противников, как научный советник президента Кеннеди Джером Визнер и министр обороны Мак-Намара. Вначале были против LOR Вернер фон Браун и Харрисон Стормс (разработчик корабля Аполлон), руководствовавшие при этом сугубо личными соображениями, которые им удалось постепенно преодолеть.

Справедливость требует отметить, что автор предложения LOR указал, что заимствовал его у «русского ученого Кондратюка», но этот факт канул в Лету и не упоминается официальными историографами проекта «Сатурн – Аполлон». Во всяком случае Вы не найдете его в книге Пирса Бизони, которую я цитировал раньше.

Вернусь к РНИИ. Важную практическую работу в области только зарождавшейся в то время ракетной техники проводил М.К. Тихонравов. Им была разработана первая в СССР ракета на гибридном топливе — жидком окислителе и желеобразном горючем — ГИРД-09. Старт этой ракеты, которым руководил С.П. Королев, состоялся 17 августа 1933 года. Ракета достигла рекордной высоты 400 м. Несколько позже модифицированная ракета увеличила этот рекорд до 1500 м.

Много лет спустя М.К. Тихонравов одним из первых высказал идею о реальной возможности создания искусственного спутника Земли с использованием уже существовавшей в то время ракетной техники и внес большой вклад в создание первого ИСЗ, работая с 1946 по 1956 год в НИИ-4, а затем — в КБ С.П. Королева.

Переходя к зарубежным классикам космонавтики, остановлюсь на некоторых из них: Германе Оберте, Роберте Годдарде, Максе Валье, Вернере фон Брауне и Эугене Зенгере.

Оберта можно по праву назвать человеком номер два в истории космонавтики. Вернер фон Браун называвший его своим учителем, пригласил Оберта в Пенемюнде в качестве консультанта во время работы над баллистической ракетой А-4. В каком-то смысле Оберту повезло больше, чем Циолковскому: он не только дожид до начала космической эры, но присутствовал на мысе Канаверал при запуске космического корабля «Аполлон XI», доставившего первых людей на Луну.

Много других интересных фактов из его биографии читатель может найти в книге Б. В. Раушенбаха «Пристрастие» (М.: Аграф, 1997), которую я уже цитировал раньше. Я ограничусь только одним интересным фактом, заимствованным из этой книги. Дед Оберта Фридрих Крассер в беседе со своими друзьями в июле 1869 года сказал, что через сто лет первые люди высадятся на Луну. И ровно через сто лет это действительно произошло!

О Роберте Годдарде, работавшем в США, я уже говорил в связи со знаменитой «задачей Годдарда». Годдард был одним из первых практиков ракетно-космической техники. Именно он начал создавать в тот же период, что и Ф. А. Цандер и М. К. Тихонравов, первые экспериментальные ракеты с ЖРД. Первую такую ракету он запустил в 1926 году.

Макс Валье работал, как Винклер и некоторые другие первые ракетчики, в Германии. В отличие от Цандера, Тихонравова и Годдарда он экспериментировал с твердотопливными ракетами, которые устанавливал на «ракетные автомобили». При испытаниях одного из таких автомобилей произошел взрыв, повлекший за собой гибель Макса Валье.

Следует сказать, что Валье внес заметный вклад в теорию космических полетов. Характерно в этом смысле название его книги *Max Valier. Der Vorstoss in den Weltenraum. Eine technische Möglichkeit?* R. Oldenburg-Verlag, 1924. («Прорыв в мировое пространство. Техническая возможность?»). Эта книга была в 1936 году издана в русском переводе в СССР (*Макс Валье. Полет в мировое пространство*. М.; Л.: ОНТИ, 1936).

Вернер фон Браун, начав в тридцатые годы прошлого столетия с экспериментальной ракеты с ЖРД А-1 и сыграв впоследствии решающую роль в создании баллистической ракеты А-4 (V-2), **приобрел всемирную известность как конструктор** носителя «Сатурн-5», обеспечившего реализацию программы пилотируемых полетов к Луне, о чем я уже подробно рассказывал.

Об Эугене Зенгере я также говорил раньше, в связи с его оригинальным проектом ракетного бомбардировщика. Добавлю к этому, что он вписал свое имя в историю ракетно-космической техники разносторонними исследованиями, которые начал публиковать еще в тридцатые годы прошлого столетия. На русском языке были изданы с интервалом в 10 лет две его книги (*Зенгер Е.* Техника ракетного полета. М.: Оборонгиз, 1947 и *Зенгер Е.* К механике фотонных ракет. М.: ИЛ, 1958). Первая из них посвящена ракетной технике, вторая — релятивистской космической баллистике.

— *Говоря о великих первопроходцах, Вы затронули один деликатный вопрос, выходящий далеко за рамки рассматриваемых проблем. Я имею в виду вопрос о приоритете. Не могли бы Вы привести еще какие-либо примеры, носящие не узко технический, а общечеловеческий характер?*

— Таким примерам несть числа. Я выберу несколько примеров, наиболее поучительных с моей точки зрения. Начну с одного мало известного факта, относящегося к затронутым Вами раньше в нашем разговоре проблемам архитектуры и строительства, о котором я узнал от весьма эрудированного гида во время моего пребывания в Париже.

Эйфелева башня и инженер Эффель. Если я спрошу Вас о том, кто является автором проекта Эйфелевой башни, то Вы, конечно, ответите, что инженер Эффель, но этот ответ будет неверным.

Оказывается, проект принадлежал двум молодым инженерам — сотрудникам его конструкторского бюро. Они разработали этот проект по собственной инициативе, без ведома Эффеля, и показали ему готовый проект, вовсе не имея в виду воплощение этого проекта в реальность. Однако проект очень заинтересовал Эффеля именно в плане его возможной реализации. Эффель рассчитал, что подобное сооружение может стать основным экспонатом французской экспозиции на приближавшейся международной выставке и, как показало будущее, не ошибся.

Словом, Эффель выкупил у своих сотрудников проект и все права на его реализацию и соответствующие доходы за смехотворную даже по тому времени сумму в 30 000 (или 50 000 — не помню точно) американских долларов. Единственное условие, которое при этом поставили разработчики проекта, это то, что в случае его реализации (во что они мало верили) обязательно будут упомянуты их имена.

Дальнейшее хорошо известно: Эффель проявил большое мастерство в разработке конструкции и технологии монтажа этого уникального сооружения и в доведении проекта до воплощения

его в жизнь. Однако о своем обещании официально назвать истинных авторов проекта он, по-видимому, забыл. И вот теперь символом Парижа является башня, носящая имя Эффеля...

Самолет БИ-1, Березняк, Исаев, Раушенбах и Болховитинов. Можно вспомнить один из эпизодов значительно меньшего масштаба, относящийся к истории создания первого экспериментального самолета с ЖРД БИ-1, который я уже упоминал, говоря об А. М. Исаеве (цитирую по книге *Галлай М. Л. С человеком на борту*. М.: Советский писатель, 1985): «*Молодые конструкторы Александр Яковлевич Березняк и Алексей Михайлович Исаев выдвинули перед главным конструктором КБ, в котором они тогда работали, В. Ф. Болховитиновым, идею создания ракетного самолета, а потом сами руководили проектированием, строительством и доводкой этой уникальной машины, без упоминания которой не обходится ныне ни одна книга по истории авиации*».

В течение многих лет индекс БИ-1 связывался в книгах по истории авиации с именем В. Ф. Болховитинова, который был выдающимся авиаконструктором, но его отношение к созданию этого уникального самолета проявилось только в том, что он предоставил возможность Березняку и Исаеву разрабатывать свой инициативный проект.

Сказанное выше ни в коей мере не бросает тень на В. Ф., а, напротив, является свидетельством его способности оценить и поддержать нестандартную идею. Это его качество проявилось, в частности, в поддержке им нового направления в области «исследования операций», развитого преподавателем кафедры, начальником которой он был в ВВИА им. Н. Е. Жуковского, Е. А. Ананьевым (я рассказывал раньше об этих исследованиях Е. А.).

О том, что иногда такие действия требовали от В. Ф. определенного гражданского мужества, говорит роль, которую он сыграл в судьбе молодого авиационного инженера, будущего близкого сотрудника С. П. Королева и будущего академика Бориса Викторовича Раушенбаха, когда в 1942 году тот неожиданно превратился из сотрудника «Реактивного института № 1» в заключенного.

Об обстоятельствах, при которых это произошло, Б. В. пишет в своей книге «Постскрипtum» (М.: Пашков дом, 1999) следующее: «...*В Нижнем Тагиле нас высадили, на грузовике привезли в зону и — все. Ничего не объявили, зачем объявлять. Сказали: вы будете жить тут, и больше ничего — подумаешь, принцы крови приехали, чтобы им что-то объявлять и объяснять! Статьи-то никакой не было, по которой нас сажали. Статьи нет. Ничего нет. Немцы...*»

А дальше события развивались так:

— ...Меня все время гвоздила мысль, что я не закончил работу, начатую в Институте № 1. В сорок втором году я занимался расчетом движения самонаводящегося зенитного снаряда. Забрали меня, когда я выполнил две трети работы и знал, в каком направлении двигаться дальше. Мучился нерешенностью, места себе не находил. Делал расчеты и в пересыльном пункте на нарах, на обрывках бумаги, и в лагере. Решил задачу недели через две после прибытия в зону, решение получилось неожиданно изящным, мне самому понравилось.

Написал я небольшой отчетик, приложил к решению и послал на свою бывшую фирму: ведь люди ждут! Мне, видите ли, неудобно было: работу начал, обещал закончить и не закончил. Послал, не думая, что из этого что-нибудь получится. Но в это дело вник один технический генерал, Виктор Федорович Болховитинов, и договорился с НКВД, чтобы использовать меня как некую расчетную силу. И НКВД сдал меня «в аренду»... Пребывал я, как и все, в зоне, в бараке, единственная разница заключалась в том, что работал по заданию загадочных людей из министерства авиационной промышленности, как бы мы теперь сказали.

Я не раз упоминал Бориса Викторовича на протяжении нашего разговора. О его выдающейся роли в развитии отечественной космонавтики сказано и написано очень много, но мне хотелось привлечь Ваше внимание к другому аспекту его биографии. В истории его семьи отразилась, как в капле воды, вся послереволюционная история нашей интеллигенции. Приведу в иллюстрацию этой мысли еще одну выдержку из цитированной мной книги:

— ...Отца Веры Михайловны (жены Б. В.), Михаила Ивановича Иванченко, в ноябре девятнадцатого года расстреляли белые... В скобках замечу, что вся семья Иванченко была изведена под корень. Оба дяди Веры погибли за то, что «сочувствовали» большевикам, одного белые повесили на фонарном столбе прямо перед окнами родительского дома, другого, работавшего механиком на судне, изрубили белые офицеры и сожгли в топке. Их сестру Анну расстреляли фашисты во время оккупации Харькова. О судьбе Якова Павловича рассказывалось мною выше...

(Яков Павлович Иванченко — дядя Веры Михайловны, герой гражданской войны, крупный хозяйственный деятель, был расстрелян в страшном 1937 году как «враг народа»).

Полагаю, что некоторым нашим историкам, которые много лет изображали всех «красных», как ангелов, а «белых», как дьяволов, а теперь с тем же энтузиазмом меняют эти этикетки на противоположные, не вредно было бы почаще обращаться к

историческим событиям, подобным трагической истории семьи Бориса Викторовича Раушенбаха.

Кругосветное плавание. Магеллан и Эль Кано. А теперь — пример из совсем другой области. 20 сентября 1519 года рейд испанского города Севилья покинула эскадра в составе пяти кораблей под командованием адмирала Фернандо де Магальянса, вошедшего в историю, под именем Магеллан, который поставил перед собой невероятную по тому времени задачу: обогнуть земной шар!

Этот величайший мореходный подвиг всех времен — операция, на которую Юрию Гагарину потребовалось спустя 450 лет полтора часа, заняла почти три года и завершилась 6 сентября 1522 года. Из пяти судов с 265 моряками на борту, покинувших Севилью, вернулось только одно, с экипажем в составе 18 человек. Но Магеллану не было суждено пережить это триумфальное возвращение — он погиб в нелепой схватке с туземцами на одном из островов, затерянных в Тихом океане.

Единственный корабль «Виктория», уцелевший из эскадры Магеллана, привел в Севилью капитан Себастьян дель Кано, впоследствии сменивший свою фамилию на Элькано, участник подавленного Магелланом мятежа, поднятого испанскими капитанами Хуаном де Картахена, Гаспаром Кесаде и Антонио де Кока во время стоянки эскадры Магеллана в бухте Сан-Хулиан, всего в двух сутках пути до пролива, увековечившего его имя.

Мало того, докладывая императору Карлу о триумфальном завершении экспедиции, он не вручил императору ни одного документа, принадлежавшего перу Магеллана. Бесследно исчез судовой журнал Магеллана, а также записи летописца экспедиции Пигафетты, который вел подробный дневник на всем ее протяжении.

В результате Эль Кано досталась при жизни вся слава подвига Магеллана. Какую-то часть этой славы он действительно заслужил тем, что сумел успешно завершить его героическую эпопею. В этом смысле ему очень сильно повезло, так как, если бы Магеллан не погиб и вернулся в Испанию, то все тайное стало бы явным, и Элькано предстал бы перед судом как мятежник.

Прошло не одно столетие, пока все драматические события были расставлены по своим местам, и историческая справедливость была восстановлена. Обычные люди (не историки) во многом обязаны этим книге Стефана Цвейга «Магеллан. Человек и его деяние».

«Гамлет», «Король Лир» и Шекспир. И еще один пример, но совсем другого характера, — когда автор (или авторы) сам пожелал (пожелали) скрыть свое авторство. Кто был на самом деле великим драматургом, перу которого, принадлежат «Гамлет»,

«Король Лир» и другие бессмертные произведения, писавшим под именем Шекспир?

Несчетное множество историков литературы до сих пор ломают копья в безуспешных попытках доказать или опровергнуть авторство малозаметного актера Елизаветинской эпохи. Здесь не место перечислять аргументы «pro» и «contra». **Ограничусь только одним фактом из числа приводимых сторонниками «contra».**

Не сохранилось ни одной строчки, написанной собственноручно историческим лицом — актером Шекспиром. Существует только его подпись под завещанием. Этот подробнейший документ также следует отнести к категории «contra». В нем перечисляется бесконечное количество предметов, включающее железную кровать, но нет ни малейшего упоминания о каких-либо рукописях и об авторском праве. К тому же подпись явно принадлежит человеку, для которого перо не являлось привычным инструментом...

Открытие геологической активности на спутниках планет Солнечной системы. Козырев и Морабито. В заключение два примера из более близкой нам области, когда авторам открытия повезло, и они все же попали в историю под собственными именами.

Сначала — о первом случае обнаружения признаков геологической активности вне Земли, а именно — на Луне. Честь этого открытия принадлежит советскому ученому Николаю Козыреву. Открытие это признано за рубежом, но, к сожалению, почти забыто на родине Козырева, в России. Он больше известен у нас своей теорией пространства – времени, не укладывающейся в классические представления современной астрофизики. Любопытно процитировать высказывание о Козыреве, которое я обнаружил в книге Hoagland, Richard C., Bara, Michael. Dark Mission. The Secret History of the National Astronautics and Space Administration. A Feral House Book. Los Angeles, CA. 2007.

«Если Эйнштейн и Картан являются „крестными отцами“ торсионной теории, то русский астроном Николай. А. Козырев — определенно „архитектор“ этой новой науки. Козырев, советский астрофизик, приобрел мировую известность в 1958 году, благодаря своему спектроскопическому обнаружению первой несомненной газовой эмиссии на поверхности Луны (доказав тем самым, что Луна все еще в определенном смысле геологически активна).

Параллельно со своей основной деятельностью в области астрономии, Козырев также независимо проводил в течение 33 лет экспериментальные лабораторные исследования влияния «вращения на вращение» (авторы, по-видимому, имеют в виду так называемые «торсионные поля») *за железным занавесом».*

Американским авторам, относящимся с таким пиететом к Козыреву, конечно, неизвестно, как он стал астрофизиком, и почему он, будучи столь ярким ученым, не был избран академиком, как некоторые не столь одаренные физики, начинавшие свою научную деятельность одновременно с ним.

Я ничего не знаю о торсионных полях и не могу судить об этой стороне деятельности Козырева, но о самом Козыреве мне кое-что известно, причем практически из первых рук. Не вижу оснований скрывать от читателей, что его история повторяет истории многих выдающихся отечественных инженеров и ученых, которые уже встречались на страницах этой книги, только, пожалуй, в еще более драматическом варианте.

В отличие от Королева, Глушко, Севрука и других, избежавших темы, связанной с определенным периодом их жизни, Козырев рассказывал моему покойному другу Георгию Нариманову о некоторых эпизодах его жизни, относившихся к аналогичному периоду, длившемуся без малого 20 лет. Я убежден, что чем больше будут знать молодые граждане нашей страны об этих мрачных страницах ее истории, тем больше будет шансов, что эти страницы никогда больше не повторятся.

Перескажу без дальнейших комментариев два эпизода. Эпизод первый. Когда Козырев пополнил собой бесконечный список невинных людей, ставших жертвами кровожадной машины сталинского террора, он был еще совсем молодым человеком, только начинавшим свой путь в физике.

Дальнейшую его научную судьбу в какой-то мере решил случай. Своим орудием этот случай избрал одного из охранников, бросившего Козыреву в тюремную камеру-одиночку, в которой он сидел, случайно попавшую в руки охранника толстую книгу по астрономии (или астрофизике — не помню точно). Козырев получил возможность изучать эту книгу в течение нескольких месяцев, пока тюремное начальство не спохватилось и не приказало ее отобрать. Однако за это время Козырев настолько вник в содержание книги, что даже запомнил на всю жизнь многие астрономические константы. Именно эта книга определила по иронии судьбы будущее направление научной деятельности Козырева, реализовавшееся много лет спустя...

Эпизод второй. Дело происходило где-то на севере, где Козырев «мотал» в лагере многолетний срок. Козыреву подсунули провокатора, который сумел «разговорить» его на, казалось бы, совершенно невинную тему: о книге Энгельса «Диалектика природы». Козырев высказал о книге и об ее авторе отрицательное суждение. Этого оказалось достаточным для пересмотра его дела (естественно, без его участия). В результате Козырев был приговорен к расстрелу.

Он рассказывал моему другу Георгию Степановичу Нариманову, что, в ожидании исполнения приговора, он каждый день смотрел в окошко камеры смертников, не покажется ли на горизонте пустынной тундры черная точка. Это должна была быть перемещавшаяся на снях расстрельная команда, у которой было много «работы» в разных «точках», и поэтому она не могла оперативно поспевать всюду, где ее ждала эта самая «работа»...

Однако легендарные Парки, которые прядут на небесах для каждого человека его жизненную нить, по-видимому, решили все иначе. В «компетентных органах» что-то произошло — то ли приехала какая-то комиссия из центра с новыми указаниями, то ли успели расстрелять лиц, выносивших Козыреву и ему подобным смертные приговоры, но, так или иначе, его приговор был пересмотрен, и Козырев получил вместо «вышки» новый срок. А все могло сложиться и иначе. Так что путь Козырева к его будущим открытиям был подобен выигрышу в «русскую рулетку»...

Много лет спустя после открытия им выхода газов на поверхности Луны были обнаружены гейзеры на спутнике Сатурна Энцеладе и спутнике Нептуна Тритоне. Но все эти явления еще не являются признаками *вулканической деятельности*. А вот известно ли Вам, кто еще до этого открыл «настоящую» вулканическую деятельность, обнаружив первый вулкан на спутнике Юпитера Ио?

Об этой драматической истории стоит рассказать более подробно. Это открытие особенно интересно тем, что было сделано не профессиональным планетологом, а сотрудницей баллистической группы JPL (*Jet Propulsion Laboratory*), занимавшейся анализом снимков, полученных американским КА *Voyager 1*, Линдой Морабито (задачей группы, в которую она входила, было уточнение навигационных и баллистических расчетов путем привязки их к результатам оптических наблюдений). Вот, как это произошло.

Свое открытие она сделала совершенно неожиданно, и произошло это 8-го марта 1979 года (в международный женский день!) при обстоятельствах, изложенных в отчете *NASA Morrison David, Samz Jane. Voyage to Jupiter. NASA SP-439. Washington, DC. 1980*. Приведу перевод соответствующего текста, следуя этому источнику.

— В 5 часов 8-го марта *Voyager* сделал свой исторический снимок. Смотревшая назад на серп Ио с расстояния 4,5 миллионов километров камера была использована для получения картины с длительным временем экспозиции, показывающей спутник на фоне поля опорных звезд (используемых в качестве навигационного базиса), для команды, ответственной за навигацию космического аппарата.

В этот день Линда Морабито, инженер, ответственный за оптическую навигацию (отнюдь не член научной группы отображения), начала работать с компьютерным изображением снимка (полученного камерой КА Voyager) на мониторе своего компьютера. Она заметила нечто, появившееся как серповидное облако, распространявшееся над краем изображения Ио. Но Ио не имеет атмосферы, и облако, возвышающееся на сотни километров над поверхностью, не могло иметь реального смысла.

На следующий день, работая со своими коллегами, Морабито исключила все возможности новой (не замеченной ранее) особенности на Ио, кроме очевидной, — облака. Если это было облако, то оно должно было явиться результатом имевшего место вулканического извержения невероятной силы.

Картина была показана некоторым членам группы отображения, которые согласились с ее идентификацией (по-видимому, это были не те люди, которые могли сразу понять, что Линда сделала выдающееся открытие, и оценить его по достоинству).

Но была пятница, и Брэд Смит (руководитель группы отображения) и Ларри Содерблом, как и другие члены группы, отправились на уикенд, чтобы попытаться отдохнуть. Картинка должна была ждать еще два дня.

Ранним утром в понедельник ее увидели ученые из группы отображения (и бросились к своим компьютерам). К полудню было найдено несколько вулканических «плюмажей...» (потом было обнаружено еще несколько десятков).

А теперь вопрос на сообразительность. Что было дальше? Линду Морабито удостоили медали или грамоты, как первооткрывателя, присвоили ее имя вулкану, который она обнаружила на Ио? Точно утверждать не берусь, но, похоже, что не было ни первого, ни второго.

Ее приоритет, правда, нашел в какой-то степени отражение в статье *Morabito L. A. et al. Discovery of currently active extraterrestrial volcanism // Science 204: 972. 1979*, но **растворился в длинном списке авторов (et al.)**. Если это так, то утешением ей могла служить фотография в отчете NASA, который я цитировал, с такой подписью: «Линда Морабито, показывающая фотографию обнаруженного вулканического извержения на Ио».

Предоставляю Вам теперь подумать на досуге о такой тонкой материи, как приоритет.

— В связи с этой тонкой материей у меня возникает еще один вопрос. Получается, что одни специалисты искали что-то и не нашли, упустив тем самым возможность открытия, которое сделал «на их поле» специалист в смежной или в совсем другой области. Является этот случай исключительным или Вы можете назвать другие аналогичные прецеденты?

— Таких прецедентов великое множество. Назову два хрестоматийных примера, когда «на чужом поле» были сделанные открытия такого масштаба, что их авторы были удостоены Нобелевской премии, и пример с совсем другим финалом для фактического первооткрывателя.

Открытие «кода жизни» — расшифровка структуры молекулы ДНК — одно из величайших открытий в биологии. Уотсон и Крик. Знаменитая «Двойная спираль» была открыта двумя молодыми и никому до того не известными учеными: биохимиком Джеймсом Д. Уотсоном и физиком Фрэнсисом Криком. Это открытие было фактически сделано на основе обширных экспериментальных материалов, полученных специалистом в области рентгеновской кристаллографии Морисом Уилкинсом, который много лет занимался рентгенограммами молекул ДНК и накопил огромный экспериментальный материал, но так и не смог расшифровать структуру ДНК. Тем не менее, Нобелевской премии были удостоены в 1962 году все трое упомянутых ученых, что было вполне справедливо.

Открытие реликтового излучения с температурой 3,5 К Пензиас и Вильсон. Это открытие было сделанное отнюдь не радиоастрономами, а инженерами из *Bell Tel. Lab* Арно Пензиасом и Робертом Вудроу Вильсоном в процессе калибровки радиоантенны, вовсе не предназначенной для каких-либо космологических исследований. За это открытие, которое большинство специалистов по космологии (но далеко не все!) считают доказательством «Большого взрыва», в результате которого возникла наша Вселенная, авторы были удостоены Нобелевской премии в 1978 году.

Расшифровка египетских иероглифов. Юнг и Шампольон. В этом случае все было наоборот. Работа, связанная с расшифровкой этих иероглифов, велась в течение многих лет независимо английским физиком Томасом Юнгом и французским египтологом Шампольоном.

Оба этих ученых были яркими фигурами, каждый в своей области. Но по разносторонности талантов лидировал безусловно Юнг. Нашим современникам он известен как выдающийся физик (имя которого носит широко известный всем механикам модуль упругости). Но немногие знают, что в четырнадцатилетнем возрасте он владел десятью языками, а в 22 года стал доктором медицины.

И именно физик Юнг подошел ближе всего к разгадке тайны иероглифов, но счастливый случай помог вырваться вперед египтологу Шампольону, которому и досталась вся слава открытия.

Во время своего Египетского похода в 1799 году Наполеон захватил с собой большую группу ученых, которые должны

были заниматься научным анализом трофеев и определять степень их ценности для Франции. Надо сказать, что Наполеон, в отличие от некоторых современных правителей, относился к ученым с большим уважением и заботой, причем не только к таким великим как Лаплас, подаривший Наполеону свой знаменитый труд по небесной механике. Об этом свидетельствует историческая команда, отданная Наполеоном, когда ему однажды пришлось во время военных действий в Египте занять круговую оборону: *«Ослов и ученых — в середину!»* (ослы по шкале ценностей стояли все же выше ученых, так как были основным транспортным средством).

Шампольон феноменально повезло: ему в руки попал текст, содержащийся на надгробной плите из черного базальта, найденной во время похода Наполеона неподалеку от Египетского города Розетта, получившей впоследствии название «Розетский камень». На плите было выбито на трех языках (древнеегипетском, разговорном египетском, и греческом) имя фараона Птолемея V, правившего Египтом до 196 года до нашей эры. Шампольон владел всеми этими тремя языками. В результате он получил с помощью текста, ждавшего его более 2000 лет, ключ к разгадке шифра. Остальное было делом техники.

История его открытия наделала много шума и возбудила страсти, как во Франции, так и в Англии. Особенно взбудоражены были английские патриоты, требовавшие, чтобы Юнг повел борьбу за свой приоритет. Однако Юнг был скромным человеком, и единственное, чего от него удалось добиться, это — высказывание, вошедшее в историю вместе с открытием Шампольона: *«Ключ к этому замку был изготовлен английской рукой, но чтобы открыть замок потребовалась опытная французская рука»*.

О современном состоянии отечественной ракетно-космической техники и ее развитии в ближайшие годы

— На протяжении нашей беседы мы говорили об основных вехах развития РКТ, увенчавшегося ее фантастическими достижениями. Нашей стране принадлежит честь запуска первого искусственного спутника Земли, выведения на околоземную космическую орбиту первого человека — гражданина СССР Юрия Гагарина, получение первых в мире фотографий обратной стороны Луны, осуществление также впервые в мире мягкой посадки беспилотных космических аппаратов на поверхность Луны и Венеры. Этот список можно продолжить.

Однако потом мы начали уступать первенство в «космической гонке» США. Как Вы оценили бы современное состояние

РКТ в нашей стране и программу ее развития на ближайшие годы?

— Мой ответ на этот вопрос, который Вы услышите, навеян современным видом Римского Колизея, фотография которого предваряет эту главу, и строками из стихотворения известной польской поэтессы, лауреата Нобелевской премии по литературе, Виславы Шамборской, «*Конец и начало*».

Вспоминаю свое пребывание в Италии. Я, «*приглашенный профессор*» Миланского политехнического института, приехавший в перерыве между лекциями в качестве туриста в Вечный город, осматриваю величественную панораму того, что сохранилось от древнего Римского Колизея.

Я закрываю глаза, и передо мной возникает картина Колизея, каким он был 2000 лет назад: патриции в белых плащах с алым подбоем, знатные патрицианки, сверкающие своей красотой и своими украшениями, занимающие почетные места в амфитеатре, свободные граждане Рима, заполняющие трибуны; на арене — гладиаторы в блестящих доспехах, вооруженные короткими мечами, готовые к смертельной схватке, и где-то — безмянные вольноотпущенники и рабы, обеспечивающие все это великолепие...

Но вот я возвращаюсь к суровой действительности и вижу развалины, оставшиеся от былого величия, стайку седых американских старушек, что-то деловито записывающих в свои блокнотики, плотную группу японских туристов, похожих друг на друга, как близнецы, обвешанных фотоаппаратами и кинокамерами, непрерывно сверкающих своими блицами, молодых людей в кожаных куртках и дырявых джинсах, приехавших на мотороллерах с барышнями, одетыми в микроскопические юбки, громко хохочущих, обнимающих своих подружек и потягивающих «из горла» то ли кьянти, то ли какой-то другой напиток. Всем этим людям нет никакого дела до каких-то древних развалин...

Быть может я несколько сгущаю краски, но именно таким представляется мне современное состояние отечественной ракетно-космической техники и место, которое она занимает в общественном сознании (к счастью, это не относится к боевой ракетной технике).

К сожалению, эти тенденции просматриваются и в программе развития отечественной РКТ на ближайшие 15 лет (соответствующая программа опубликована в журнале «Полет» № 6, 2007). В ней, правда, содержится важнейший пункт, касающийся завершения развертывания отечественной навигационной спутниковой системы «ГЛОНАСС», что можно приветствовать, так как это приведет к исчезновению монополии аналогичной американской системы GPS.

Не буду касаться пилотируемого КА «Клипер» — у меня нет для этого достаточной информации. Но то, что говорится о КА научного назначения, включая ИСЗ, и о ракетах-носителях, производит грустное впечатление. Судите сами. О первых в программе сказано, что мы будем расширять свое участие в соответствующих международных проектах. Это, конечно, замечательно, но где же оригинальные отечественные проекты? Упоминается «Фобос-Грунт», на разработку которого (недавно продленную еще на 2 года) уйдет больше лет, чем потребовалось американскому КА *Cassini*, чтобы долететь до Сатурна...

Еще печальнее обстоит дело с ракетами-носителями. Мы будем продолжать совершенствование существующих носителей «Союз» и «Протон» и разработку нового «перспективного» носителя «Ангара». Первые два носителя, конечно, являются уникальными по своей надежности, и оснащение их цифровыми системами управления и новыми разгонными блоками «Фрегат» и «Бриз» дало им «второе дыхание». Но, давайте, сравним некоторые опубликованные характеристики носителей «Протон-М» и «Ангара».

Первый при начальной массе 696 т выводит на околоземную круговую орбиту полезный груз с массой до 22 т (отношение к начальной массе $k = 0,032$). Второй — в варианте с близкой начальной массой — груз 26 т ($k = 0,037$). Носитель «Сатурн-5», разработанный 45 лет назад, при начальной массе 2800 т выводил на околоземную круговую орбиту полезный груз с массой 126 т ($k = 0,045!$).

Взглянем снова на систему «Энергия – Буран», к которой мы уже неоднократно обращались в ходе нашей беседы, разработанную больше 20 лет назад. Я уже говорил, что с технической точки зрения создание комплекса «Энергия – Буран» явилось высшим достижением отечественной ракетно-космической и авиационной науки и техники. Система эта, бесспорно, превосходит по основным параметрам американскую систему *Space Shuttle* (это естественно, так как она создавалась с учетом как нашего, так и американского опыта).

Огромное количество оригинальных конструкторских и технологических решений, уникальная автоматическая система управления на всех этапах полета, беспрецедентное по сложности, эффективности и надежности программное обеспечение, воплотили в себе весь опыт, накопленный в отечественной ракетной и авиационной технике. Очень многое из этого, бесспорно, может быть использовано в народном хозяйстве в рамках самых разнообразных конверсионных программ. Делается ли это? — Не знаю.

Нельзя не упомянуть об уникальном ЖРД РД-170, использованном на боковых блоках «Энергии», разработанном НПО

«Энергомаш» им. акад. В. П. Глушко. Тяга этого двигателя в пустоте достигает 800 тс, удельная тяга 336 с, мощность турбонасосного агрегата составляет 250 000 лс, то есть превышает суммарную мощность судовых механизмов современного авианосца!

Кислородно-водородный двигатель РД-0120, разработанный предприятием «Химавтоматика» (4 таких двигателя стоят на центральном блоке «Энергии») имеет тягу в пустоте 200 тс и удельную тягу 454 с — параметры, соответствующие уровню лучших мировых достижений. Этот двигатель родился в стенах предприятия, в котором были созданы под руководством Главного конструктора Семена Ариевича Косберга ЖРД третьей ступени ракет-носителей «Восток», «Восход» и «Союз», где живы традиции того героического времени.

Конструктивный коэффициент у «Энергии» практически такой же, как у «Сатурна-5» ($k = 0,044$), то есть на 20 % больше чем у «Ангары». Если бы у этой ракеты был такой же коэффициент k , то она могла бы вывести на околоземную орбиту полезный груз не 26 т, а 35 т!

Вероятно, у «Ангары» есть какие-то свои преимущества, о которых я не могу судить, и все же трудно понять, почему проектируется носитель с основным конструктивным параметром, намного худшим, чем у американского носителя 45-летней давности и отечественного 20-летней давности. Если учесть, что, как сообщило телевидение, летные испытания «Ангары» предполагается начать в 2012 году, то к этим числам надо прибавить еще по 5 лет.

Спрашивается, что будут делать в это время наши конкуренты в Европе и в Америке? Сидеть, сложа руки, и ждать появления «Ангары»? Отнюдь нет. В Европе будет кардинально модифицировать свой носитель «Ариан-5», уже сейчас приближающийся по своим параметрам к проектируемой «Ангаре». В США будут продолжать отработку нового сверхтяжелого носителя *Ares* с начальной массой 3700 т, выводящего на околоземную орбиту полезный груз, равный 143 т (первый пуск модификации *Ares 1-X* состоялся 27.10.2009 г.), и создавать новую многоуровневую систему *Orion*, призванную заменить *Space Shuttle*.

Познакомившись с этими фактами, Вы, вероятно, согласитесь с моей оценкой ситуации. Легко сообразить, на какой позиции мы окажемся в результате даже не через 15, а уже через 5 лет.

О развитии РКТ в долгосрочной перспективе

— *Когда-то Артур Кларк дал свой прогноз на новые открытия до конца XX века, из которого выполненным оказалось очень немногое. Конечно, прогноз — дело неблагодарное. И все-таки, может быть, Вы не откажетесь высказать свои*

соображения по поводу того, что можно ожидать в мировой и отечественной РКТ в долгосрочной перспективе, то есть в ближайшие 3–4 десятилетия?

— Недавно пришло грустное сообщение о кончине Артура Кларка. Было ему чуть больше 90 лет. За свою жизнь он сделал очень много смелых прогнозов, относившихся к космической науке и технике, которые блестяще оправдались, и я испытываю к нему огромное уважение. Состязаться с Артуром Кларком мне, конечно, не под силу, но некоторые соображения о путях развития РКТ в ближайшие десятилетия все же рискну высказать.

Позволю себе несколько предварительных замечаний. Не является секретом, что технический прогресс происходит скачкообразно. Не буду говорить о таких революционных скачках, как изобретение колеса (например, цивилизации инков оно не было известно), появление пароходов, пришедших на смену парусным судам, полет человека на аппарате тяжелее воздуха, открытие радиоволн, использование атомной энергии и др. Ограничусь примерами, носящим, скорее, характер кардинальных усовершенствований, чем революционных скачков.

Прежде всего, приходит на ум переход в авиации от поршневых двигателей к реактивным. Но я хочу привести менее масштабный, но весьма наглядный пример, связанный с легендарным русским богатырем Василием Буслаевичем.

Этот былинный герой был известен оригинальным методом комплектования своей *«дружины хороброй»*, не требовавшим участия отдела кадров или других компетентных органов. Метод заключался в следующем. Кандидату подносили *«чашу зелена вина в полтора ведра»* и, если он выпивал ее единым духом, *«не моргнув глазом и не поморщившись»*, то допускался ко второму испытанию: ему наносили удар оглоблей *«по буйной головушке»*. Если кандидат и в этом случае вел себя так же достойно, то его без каких-либо формальностей зачисляли в дружину. Отсюда ясно, что Василий Буслаевич мыслил независимо и был склонен к неординарным решениям.

Многое в этом жанре ему удавалось, но одна из его новаций оказалась последней. Однажды Василий Буслаевич решил продемонстрировать свою высокую легкоатлетическую подготовку, прыгая через большой камень. После нескольких удачных прыжков он решил усовершенствовать метод и попробовал перепрыгнуть камень задом наперед. Однако эта попытка оказалась неудачной, более того, фатальной — Василий Буслаевич ударился головой о камень и отошел в мир иной.

«Тут ему и славу поют», как говорится в былинах. Слава эта, к сожалению, оказалась эфемерной: все современные рекордсмены,

прыгуны в высоту, перелетают через планку, повернувшись к ней спиной, объективно прославляя тем самым Василия Буслаевича, но ничего не знают о нем как о первооткрывателе этого метода...

К чему я все это говорю? К тому, чтобы снова вернуться к опубликованной программе развития отечественной РКТ на ближайшие 15 лет и попытаться оценить ее с точки зрения наличия в ней каких-либо новых идей (оговорюсь сразу, что я не имею в виду полеты задом наперед).

Так вот, в ней, с моей точки зрения, нет, к сожалению, и намека на новые идеи и поисковые исследования, которые могли бы привести в будущем, если не к революционному скачку, то хотя бы к качественному, выражающемуся в принципиальном усовершенствовании традиционных методов перемещения в космосе, сопоставимом по эффекту с изобретением былинного русского богатыря.

В этом смысле программа заставляет с грустью вспомнить анекдот о неандертальце, который понимал прогресс техники своего времени, как увеличение размеров каменного топора (в нашем случае, как Вы видели, скорее даже наблюдается тенденция к переходу от железного топора к каменному).

Хочу подчеркнуть, что сказанное относится только к упомянутой программе не учитывающей, на мой взгляд, того огромного научно-технического потенциала, которым по-прежнему обладает отечественная РКТ. Этот потенциал при его поддержке на государственном уровне, безусловно, позволит вернуть России лидирующее положение в мире в области РКТ. Реальность этого прогноза подтверждает начавшееся возрождение нашей авиационной промышленности.

— *В ходе нашей беседы Вы уже цитировали академика Арнольда. Разрешите мне сделать то же самое. В своих ответах на анкету Европейского математического общества, опубликованных в том же номере газеты «Известия», что и статья, он говорит, в частности, следующее:*

«Затраты маркизы де Помпадур на науку и культуру составляли около полутора процентов ее затрат на наряды и косметику, и этого хватило для того, чтобы создать Век просвещения, Энциклопедию и т. п. В России нет маркизы де Помпадур, и угроза наступления Века Невежества кажется совершенно реальной»

Что Вы думаете по этому поводу?

— Я хотел бы быть оптимистом, но, к сожалению, вряд ли смогу добавить что либо к тому, что сказал Владимир Игоревич. Еще менее вероятно, что смогу облечь свой ответ в столь же яркую афористичную форму, Ограничусь только констатацией факта, что сказанное им о положении дел в фундаментальной

науке относится, на мой взгляд, в равной степени и к прикладной науке, частью которой являются исследования, питающие новыми идеями РКТ.

Раньше наши воспетые в народном эпосе вожди и их добросовестные поклонники взрывали Храмы, но строили университеты. Теперь новый контингент строит храмы и взрывает (выражаясь фигурально) Университеты. Тем не менее, какие-то положительные тенденции начинают прослеживаться. Поэтому, перефразирую изречение одного из древних философов: «*Dum spiro, spero*» — «Пока дышу, надеюсь».

К красной планете

Попытаюсь, в развитие этого тезиса, обрисовать возможность в течение нескольких ближайших десятилетий качественного скачка в развитии РКТ вообще, а не только в отдельно взятой стране, на основе реализации новых идей, которые уже давно витают в воздухе.

Рассмотрим в качестве иллюстрации перспективу осуществления в ближайшие десятилетия пилотируемого полета к Марсу с целью высадки на поверхность планеты экспедиции в составе нескольких космонавтов, с последующим возвращением их на Землю.

Начнем с некоторых хорошо известных специалистам фактов. Чтобы осуществить такую экспедицию необходимо при современном уровне ракетной техники собрать на промежуточной околоземной орбите космический корабль, имеющий массу в несколько сотен тонн. Для этого потребуется несколько десятков таких ракет-носителей как «Протон-М».

Переход на более эффективное топливо и даже использование уран-графитового атомного реактора для нагрева водорода в качестве рабочего тела позволит в лучшем случае удвоить удельную тягу, что вряд ли позволит получить эффективное решение проблемы вследствие огромного веса потребной защиты экипажа от жесткого излучения большой мощности.

Применение двигателей малой тяги, солнечного паруса и прочих экзотических средств крайне невыгодно с баллистической точки зрения: это приведет (даже если удастся разработать соответствующие надежные конструкции и обеспечить необходимый их ресурс) к резкому увеличению продолжительности полета. Так что этот метод также не представляется мне достаточно перспективным.

Означает ли это, что я пессимистически оцениваю саму возможность пилотируемых полетов к Марсу в ближайшие десятилетия? Отнюдь нет. Речь идет только о том, что традиционные методы перемещения в космосе, основанные на преобразовании

тепловой энергии топлива в кинетическую энергию газовой струи, себя в какой-то степени исчерпали, и нужно искать принципиально новые пути решения задачи.

В видеопослании, адресованном широкой аудитории, с которым выступил незадолго до своей кончины Артур Кларк, имея в виду самое последнее свое желание, содержатся такие строки из Кипплинга:

*«И, память обо мне храня
Один короткий миг,
Распрашивайте про меня
Лишь у моих же книг».*

И действительно, его книги того стоят: мы находим в них множество интересных идей, основанных на солидном научном фундаменте. В частности, большие перспективы имела бы реализация его идеи мощного плазменного двигателя, использующего в качестве рабочего тела воду, который Кларк назвал двигателем Сахарова (см. знаменитые «Космические одиссеи»).

Принципиально новые возможности открывает альтернатива, о которой я уже говорил раньше, описанная в его же фантастическом романе «Фонтаны рая» («космический лифт»). Эти и многие другие технические идеи Артура Кларка еще ждут своего воплощения в жизнь, как и захватывающая перспектива колонизации Марса человечеством («Пески Марса»). К сожалению, Артур Кларк всего этого уже не увидит...

Обращусь к некоторым идеям моего коллеги (в прошлом — по ЦНИИМаш, ныне — по ИКИ РАН) И. М. Сидорова. Игорь Михайлович предлагает создать в космосе своего рода фуникулер на базе тросовых систем, каждая из которых подобна вращающейся праче, после чего перемещения грузов, например, с геоцентрической орбиты на селеноцентрическую, практически не потребуют затрат энергии.

Аналогичную идею можно использовать и для межпланетных полетов. Более того, циклически повторяя гравитационный маневр по сценарию, разработанному Сидоровым, можно будет, заимствуя небольшие порции энергии орбитального движения Луны, получить практически неисчерпаемый источник дополнительной энергии.

Не буду пересказывать суть предложений Игоря Михайловича, которые опубликованы в ряде периодических изданий («Доклады РАН», журналы «Космические Исследования», «Полет»). Ограничусь констатацией того факта, что считаю предложения Сидорова весьма перспективными, хотя они и находятся сейчас на той же стадии, на которой в свое время находились

приоритетные идеи К. Э. Циолковского и Г. Оберта. Но ведь, как известно, для практической реализации некоторых из этих идей потребовалось всего полвека — одно мгновение по космическому календарю!

«Нет, почему же?!»

Не буду гадать, что скажет первый космонавт (астронавт), который ступит на поверхность Марса, но хочу напомнить обстоятельства, предшествовавшие первому шагу Нейла Армстронга на поверхность Луны и его известную фразу, произнесенную после того как он на эту поверхность ступил: «*That's one small step for (a) man, one giant leap for mankind*».

Существует легенда что это, якобы, была «домашняя заготовка». Однако это не более, чем очередная выдумка журналистов. Вот, как все обстояло на самом деле (цитирую в переводе из книги *David M. Harland. The First Men on the Moon. The Story of Apollo 11. Springer, Berlin, 2007*):

— ...Армстронг сообщил (в Центр управления) «Я собираюсь сейчас выйти из лунного модуля». После прилунения Олдрин спросил его, решил ли он, что скажет, ступив на поверхность, и он тогда ответил, что еще обдумывает это. Когда он стоял в фюте от трапа, отвергнув мысленно цитаты из Шекспира и Библии и слова, которые он посчитал претенциозными, его озарило, что фактически была только одна вещь, которая должна быть сказана! Держась за поручень правой рукой, он твердо поставил свой левый сапог на поверхность Луны рядом с опорой. «Это маленький шаг человека, гигантский скачок для человечества». Когда эти первые исторические слова прозвучали в зале Центра управления полетом, они утонули в море аплодисментов. Дэйв Скотт, который летал с Армстронгом на «Джемини-8», поделится впоследствии своей мыслью, что случившееся с А. типично для человека, который очень долго обдумывал, что сказать, а потом выразил так много всего в нескольких словах.

Не могу удержаться от соблазна проиллюстрировать большие способности в несколько ином жанре — мгновенных ответов на заковыристые вопросы — нашего Юрия Гагарина, почему-то недостаточно освещенные в обширной литературе, посвященной первому космонавту планеты.

Не знаю, что сказал бы Юрий Алексеевич, доведись ему впервые сделать шаг с трапа на поверхность Луны (Марса), но в ненамного более легкой для него ситуации, когда он после своего триумфального полета выступал на пресс-конференции, посвященной встрече с обширным созвездием знаменитых отечественных и иностранных киноактрис, съехавшихся в Москву

на кинофестиваль, он следующим образом ответил на один из «вопросов публики» (см. фотографию):

Джина Лоллобриджида (с обольстительной улыбкой): *«Мсье Гагарин, Вы были в Космосе, среди звезд, а здесь Вы находитесь среди кинозвезд. Какие из них кажутся Вам более привлекательными?»*

Юрий Гагарин (не задумываясь): *«И те и другие, особенно потому, что я усматриваю между ними определенное сходство».*

Джина Лоллобриджида (недоуменно): *«Позвольте узнать, мсье Гагарин, какое именно?»*

Юрий Гагарин (с легкой грустью): *«То, что те и другие прекрасны и то, что они в равной степени недоступны...»*

Здесь представилась возможность Джине доказать, что она тоже за словом в карман не лезет. Вот ее незамедлительная реакция (снова с оттенком недоумения): *«Нет, почему же?!»*

Звездная тематика имела продолжение. Судя по второй фотографии, опубликованной впервые в газете «МК» 27.01.2003, заявление Джины произвело на Юрия Гагарина определенное впечатление. На оригинале фотографии Юрий собственноручно написал следующее: *«Я видел много звезд, но главная звезда (самая яркая) — Джина Лоллобриджида».*

Однако в силу высокой политико-моральной стойкости, которая была присуща советским людям вообще и Юрию Гагарину в частности, идея Лоллобриджиды дальнейшего развития, насколько мне известно, не получила. Много лет спустя, когда Джина уже была преуспевающим фотокорреспондентом, ее общение с другой знаменитостью — первым человеком, ступившим на поверхность Луны, Нейлом Армстронгом, по-видимому, оказалось более продуктивным. По крайней мере, я могу засвидетельствовать, что видел в одной из газет (к сожалению, не сохранившейся) фотографию Джины, собственноручно угощающей Нейла Армстронга из ложечки мороженым во время его визита в Европу.

Оговорюсь, что я не ставлю под сомнение высокую моральную стойкость Армстронга, но, случись такое с нашим космонавтом, эта ложечка мороженого вышла бы ему боком. Впрочем, трагическую роль в судьбе одного из кандидатов в космонавты сыграл национальный отечественный напиток, а не мороженое, и для этого не потребовалась участие кинозвезды или кого-либо из ее мутантов (я имею в виду судьбу Григория Нелюбова, который был, наряду с Германом Титовым, дублером Юрия Гагарина).

Хочу закончить обсуждение вопроса о перспективах пилотируемого полета к Марсу на мажорной ноте. На определенном этапе моей деятельности в ЦНИИМаш до меня доходили следующие

слова моих сотрудников: *«Раньше шеф обещал, что наиболее отличившимся сотрудникам будут поставлены памятники на Марсе, а теперь говорит проще: «круглое катить, плоское тащить», не упоминая о наградах и бессмертной славе».*

Прошедшие годы сделали реальностью многие вещи, которые еще совсем недавно казались чистой фантастикой. Поэтому в своих сегодняшних прогнозах я готов вернуться к первоначальной идее и выразить уверенность, что рано или поздно на Марсе будет установлен рукотворный памятник, на котором будут выгравированы имена первопроходцев, среди которых безусловно будут наши соотечественники — участники первой международной экспедиции на Марс.

Вероятно, это будет стела из блестящего металла, не боящегося марсианских песков и пылевых бурь. Надеюсь, что найдется место и для фамилий ученых и конструкторов — членов будущего интернационального коллектива разработчиков уникального проекта, которому предстоит сделать эту экспедицию возможной.

Хотелось бы, чтобы на стеле были выгравированы также следующие строки, принадлежащие Валерию Брюсову:

*«Молодой моряк вселенной,
Мира древний дровосек,
Неустанный, неизменный,
Будь прославлен, человек».*

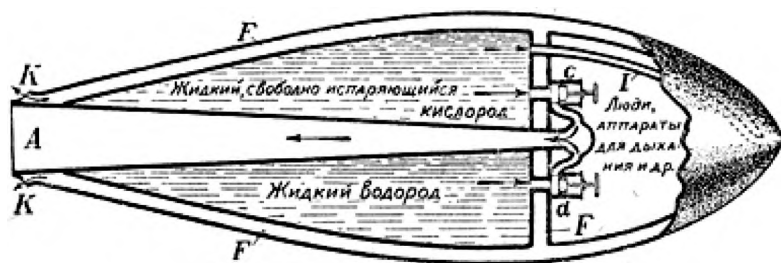
И в заключение несколько слов, которыми заканчивает свое эпическое произведение, посвященное Магеллану, Стефан Цвейг:

— ...Наивысшего человек достигает, когда подает пример потомству, и полузабытое деяние Магеллана убедительней чего-либо другого доказывает в веках, что идея, если гений ее окрыляет, если страсть неуклонно движет вперед, превосходит своей мощью все стихии и что вновь и вновь человек за малый срок своей преходящей жизни претворяет в действительность, в непреходящую истину, недостижимую, казалось бы, мечту сотен поколений.

Эти слова можно с полным правом отнести к людям, подобным Юрию Гагарину и Нейлу Армстронгу, и многим другим первопроходцам столь же высокой пробы, которых пока еще терпеливо ждет красная планета.



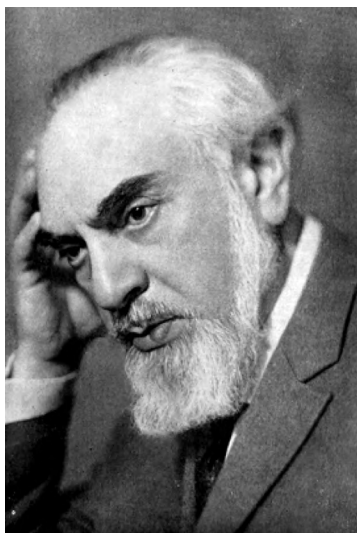
КОНСТАНТИН ЭДУАРДОВИЧ
ЦИОЛКОВСКИЙ
(1857–1935)



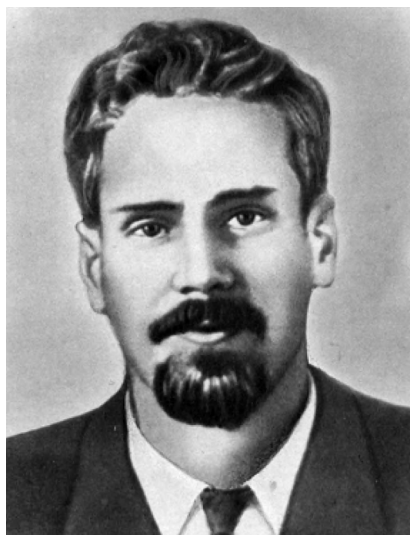
К. Э. Циолковский и его эскиз космической ракеты с ЖРД



Ф. А. Цандер



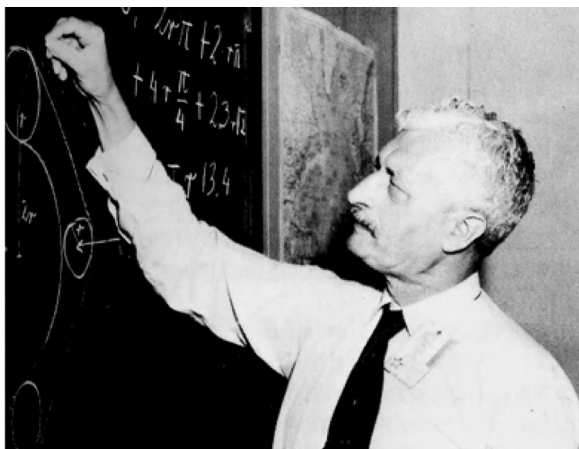
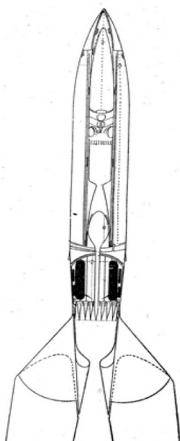
А. Штернфельд



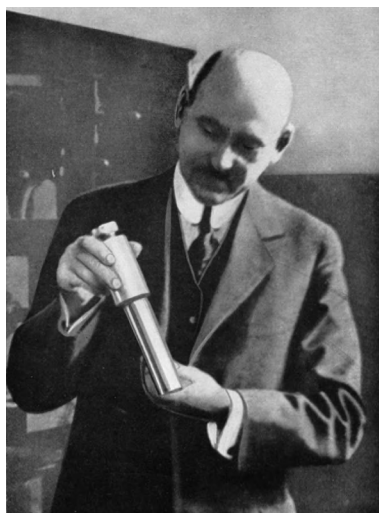
Ю. В. Кондратюк



М. К. Тихонравов



Герман Оберт и его эскиз двухступенчатой ракеты с ЖРД



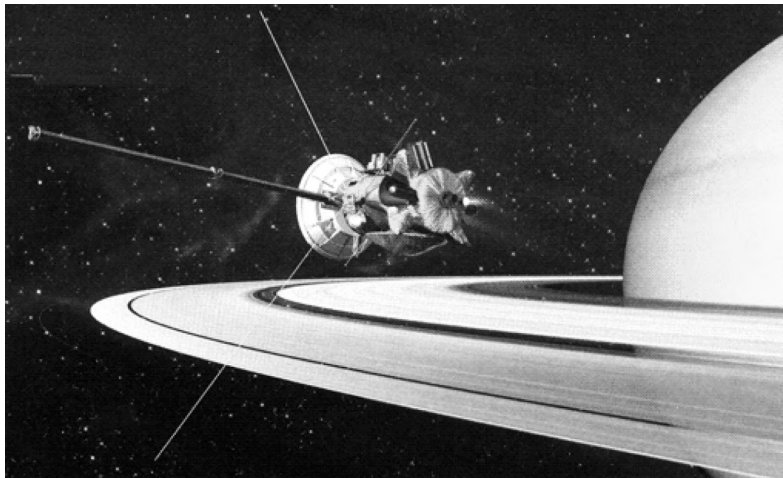
Роберт Годдард



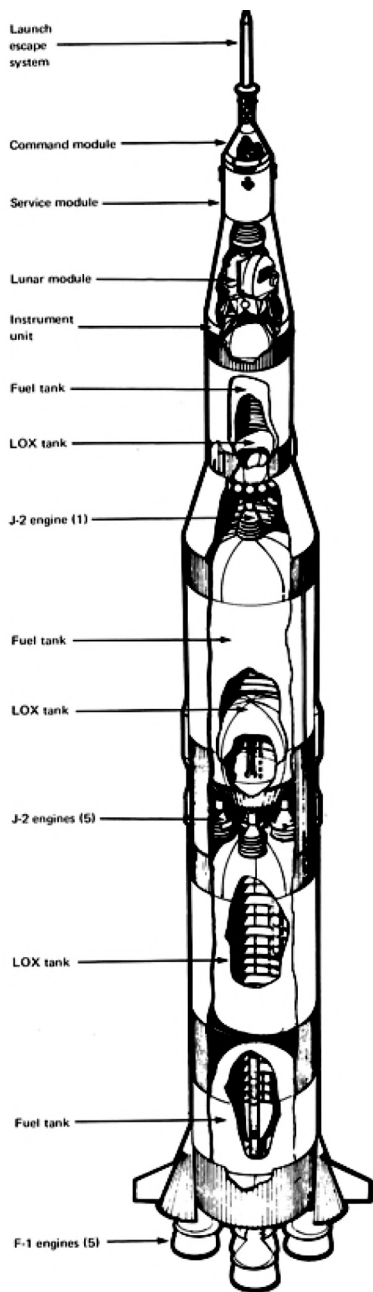
Макс Валье



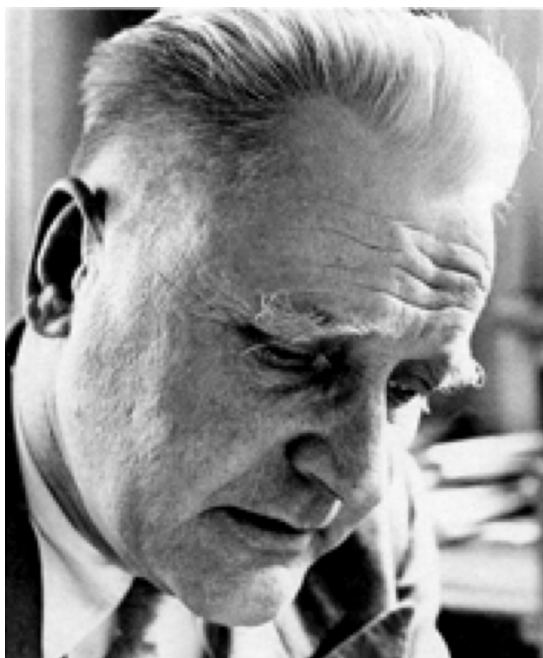
Книга Макса Валье



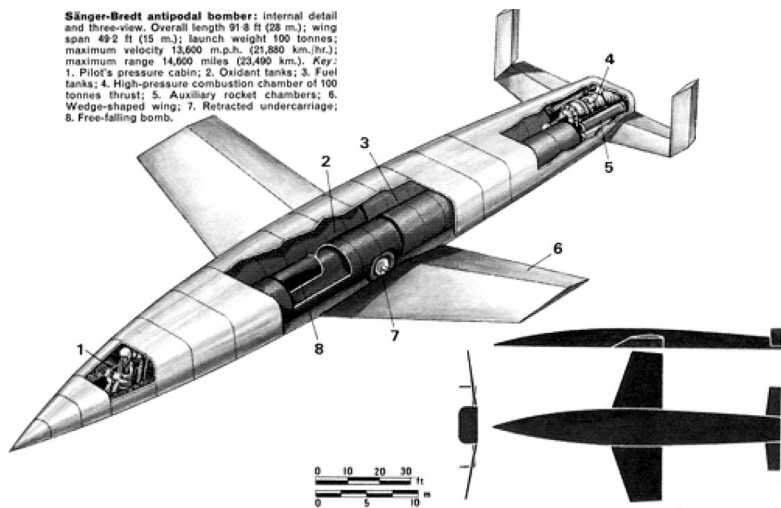
Художественное изображение КА *Cassini-Huygens* на фоне Сатурна



Вернер фон Браун
и «Сатурн-5»



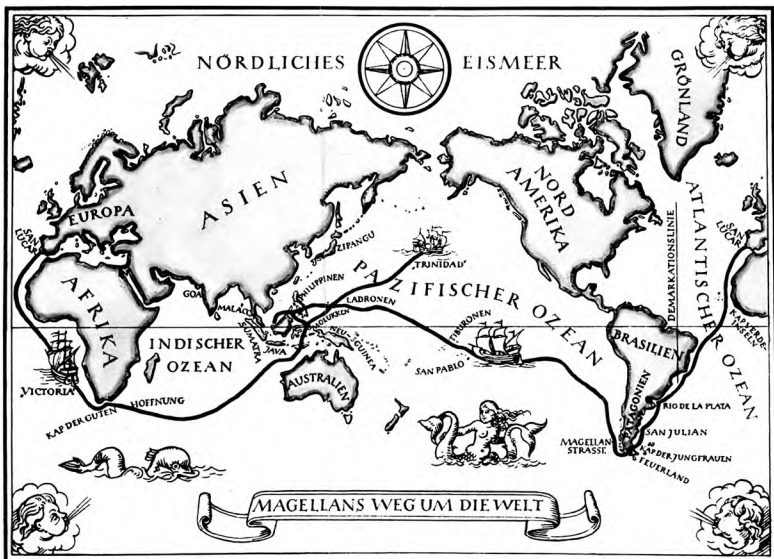
Sänger-Bredt antipodal bomber: internal detail and three-view. Overall length 91 8 ft (28 m.); wing span 49.2 ft (15 m.); launch weight 100 tonnes; maximum velocity 13,600 m.p.h. (21,880 km./hr.); maximum range 14,060 miles (23,490 km.). *Key:* 1. Pilot's pressure cabin; 2. Oxidant tanks; 3. Fuel tanks; 4. High-pressure combustion chamber of 100 tonnes thrust; 5. Auxiliary rocket chambers; 6. Wedge-shaped wing; 7. Retracted undercarriage; 8. Free-falling bomb.



Эуген Зенгер и его ракетный бомбардировщик



Фернан Магеллан



Путь Магеллана вокруг света



Юрий Гагарин



Нейл Армстронг



Юрий Гагарин и Владимир Комаров



Экипаж Аполлона XI:
Эдвин Олдрин, Нейл Армстронг и Майк Коллинз.
Пресс-конференция перед полетом 13 июля 1969 года (*Ready to go*)



Пресс конференция

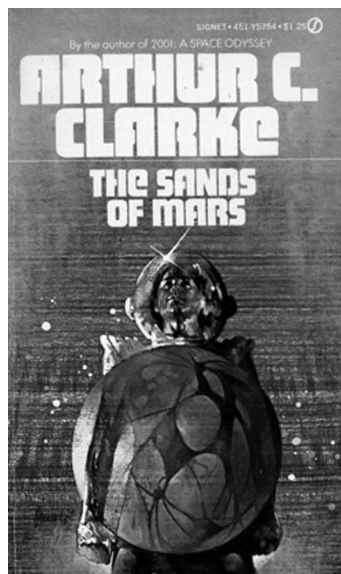
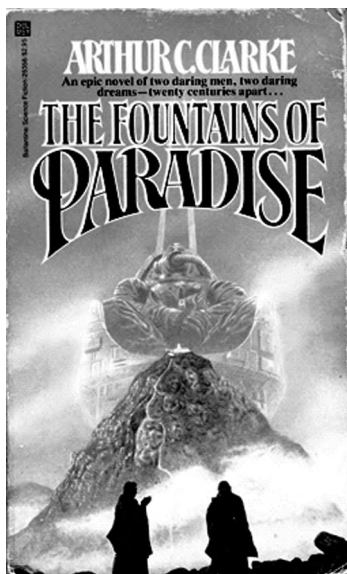


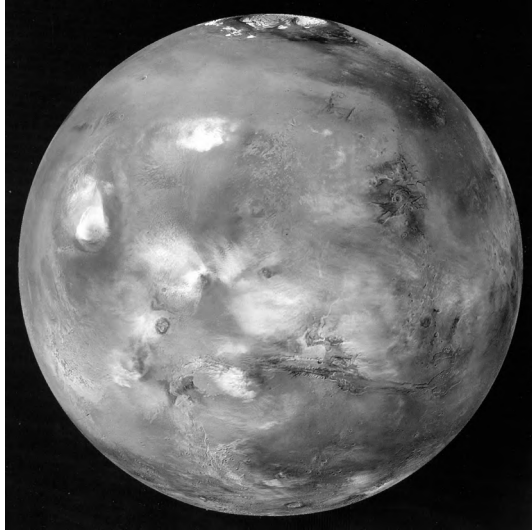
Эксклюзивное интервью

Юрий Гагарин и Джина Лоллобриджида.
Москва, июль 1961 года



Артур Кларк и его книги: «Фонтаны рая» и «Пески Марса»

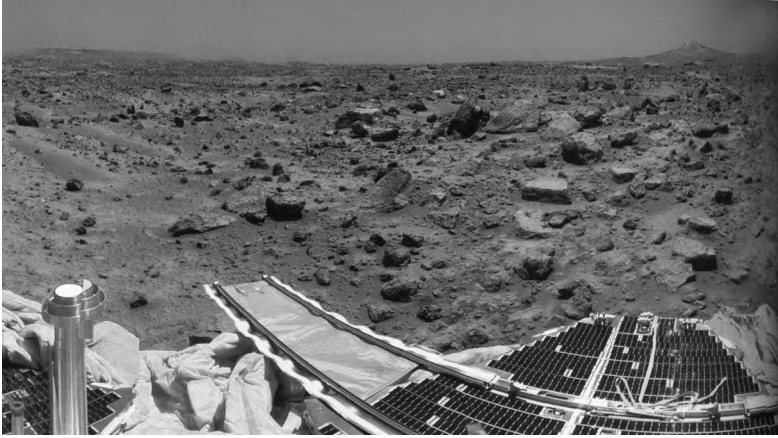




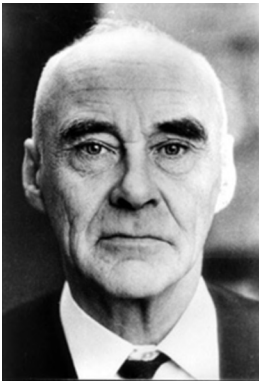
Марс. Фотография, сделанная КА *Global Surveyor*. Видна северная полярная шапка (сверху) и облака над горой Олимп — самым высоким вулканом в Солнечной системе, имеющим высоту 24 км (слева)



Кальдера вулкана *Albor Tholus* на поверхности марса, сфотографированная КА *Mars Express*. Диаметр кальдеры 30 км, глубина 3 км, превышающая глубину любой кальдеры на Земле



Марсианский ландшафт. Панорамный снимок, полученный американским КА *Mars Pathfinder* в июле 1997 года



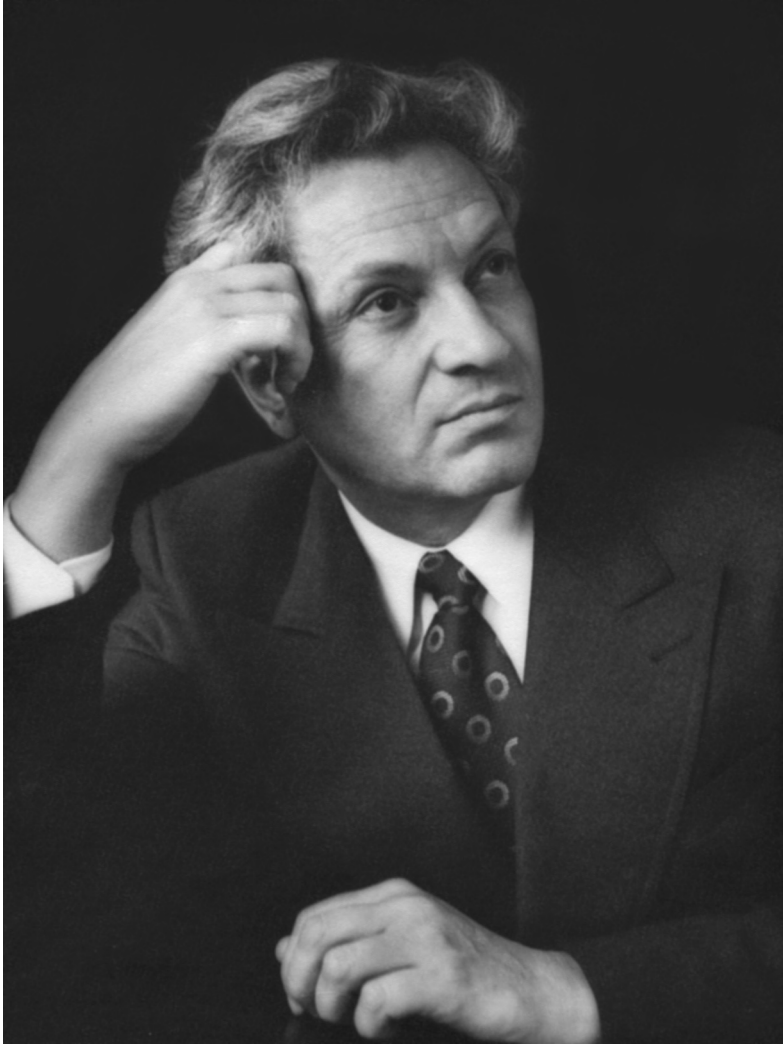
Николай Козырев, советский ученый, открывший в 1958 году признаки геологической активности на Луне, автор оригинальной теории пространства-времени

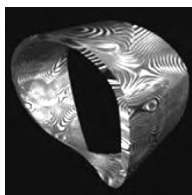
Линда Морабито, инженер баллистической группы миссии *Voyager 1*, специалист по оптической навигации, демонстрирующая фото открытого ею 8 марта 1979 года вулканического извержения на спутнике Юпитера Ио



«НЕ ОПЛАКИВАЙ, СМЕРТНЫЙ, ВЧЕРАШНИХ ПОТЕРЬ,
ДЕЛ СЕГОДНЯШНИХ ЗАВТРАШНЕЙ МЕРКОЙ НЕ МЕРЬ,
НИ БЫЛОЙ, НИ ГРЯДУЩЕЙ МИНУТЕ НЕ ВЕРЬ,
ВЕРЬ МИНУТЕ ТЕКУЩЕЙ — БУДЬ СЧАСТЛИВ ТЕПЕРЬ!»

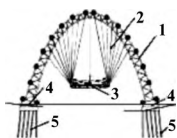
Омар Хайям





НЕМНОГО О РАЗНОМ. ВАНТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ. КОЛЬЦА ПЛАНЕТ И ПЛАНЕТНЫЕ СИСТЕМЫ

— Борис Исаакович, Ваш покойный отец, член-корреспондент АН СССР Исаак Моисеевич Рабинович, был одним из основоположников отечественной школы строительной механики. Хотелось бы поговорить на эту тему. В частности, Вы обещали рассказать более подробно о его роли в создании теории вантовых сооружений. По-видимому, сейчас как раз наступил подходящий момент, чтобы это сделать.



О вантовых сооружениях. Вантовые мосты

— Для ответа на Ваш вопрос я воспользуюсь собственным изложением этой истории Исааком Моисеевичем. Вот, что он пишет о своей теории вантовых сооружений в книге «Воспоминания. 1904–1974», которую я уже цитировал в начале нашей беседы:

— Исследование «К теории вантовых ферм» (Оно было опубликовано в журнале «Техника и экономика путей сообщения», № 1–4, 1924) должно, по-моему, занять в воспоминаниях о моих ранних научных исследованиях первое место. Оно ввело в строительную механику новый раздел, представляющий теоретический и практический интерес.

Поясню, что вантовой фермой называется такая ферма, в которой под влиянием расчетной постоянной и временной нагрузок ни один стержень не испытывает сжимающих усилий. В такой ферме, естественно, все стержни могут быть изготовлены из тросов (вант). Отсюда название «вантовые фермы». Вантовыми могут быть также частные типы кинематических цепей, находящиеся в равновесии под действием расчетной нагрузки.

Главное достоинство вантовых ферм состоит в их экономичности, Они требуют меньшей затраты металла, чем обычные металлические фермы, так как на растянутые стержни можно передать значительно большие усилия, чем на сжатые.

В русской литературе по строительной механике вопрос о таких фермах отсутствовал. Даже слово «вантовая» не упоминалось. В иностранной литературе, во Франции, как я узнал от Н. С. Стрелецкого (директор Научно-экспериментального института путей сообщения, в котором работал И.М), в конце XIX и в начале XX столетий были опубликованы сочинения инженера Жисляра (Gisclard) о построенных им в африканских колониях мостах и приводился их расчет. Никакой общей теории в этих расчетах не было, и никакого отражения в дальнейшей литературе и практике этот опыт не нашел.

После опубликования моей статьи сотруднику Института инженеру Е. И. Крыльцову было поручено спроектировать вантовое пролетное строение для моста через небольшую реку Магану в Верхней Сванетии. Он выбрал собственную оригинальную схему и затем принял участие в возведении этого моста. Во время Великой Отечественной Войны мост, кажется, был разрушен...

Немного дальше И. М. пишет следующее: «Моя работа, опубликованная более 50 лет тому назад, забыта, на нее не ссылаются. Это меня не огорчает, так как вантовые фермы продолжают жить и развиваться. Таков закон развития науки: **дела живут, имена забываются...**»

В этой фразе — весь И. М. Такие вещи, как забота о собственной славе и величии, были ему совершенно чужды. Но я рад, что мне представилась возможность напомнить об его основополагающей роли в создании теории вантовых систем.

Остается добавить, что к своей любимой теме, связанной с вантовыми конструкциями, И. М. вернулся ровно 50 лет спустя после опубликования его первой работы (см. книгу И. М. Рабинович. Вопросы статического расчета сооружений с односторонними связями. М.: Стройиздат, 1975).

Замечу, что первый висячий мост в Москве «Живописный» был построен только в 2007 году, через 82 года после вантового моста Крыльцова. Оригинальный проект этого моста был разработан профессором Сибирского автодорожного института (г. Омск) П. П. Ефимовым.

Симптоматично, что *строительная механика* первоначально называлась в отечественной литературе *теорией сооружений*. Исаак Моисеевич уделял много внимания истории этой науки и людям, которым она обязана своим развитием. Вот яркий пример: И. М. начинает лекцию по строительной механике студентам — будущим строителям следующей цитатой из пояснитель-

ной записки великого Леонардо да Винчи (почти 500-летней давности) к его проекту купола к пристройке Миланского собора, адресованной тогдашним городским властям — потенциальным заказчикам проекта купола (Гуковский М. А. Механика Леонардо да Винчи. 1947.):

— *Синьоры, отцы депутаты! Как врачам, попечителям и целителям больных тел надлежит разобраться в том, что есть человек, что есть жизнь, что есть здоровье и каким образом равенство и согласие элементов сохраняет его и несогласие их разрушает его и губит, только так, выяснив хорошо высказанное обстоятельство, они могут восстанавливать здоровье у тех, кто его лишен...*

То же нужно и сооружению, т. е. врач-архитектор, который бы хорошо понимал, что есть здание, и от каких правил зависит правильная постройка, и откуда эти правила берутся, и на сколько причин они делятся, и каковы причины, держащие здание как единое целое и делающие его прочным, и какова природа тяжести, и каким образом тяжести должны быть сплетены, связаны вместе, соединены, и какие они действия рождают; и тот, кто будет обладать настоящим знанием этих вышеназванных вещей оставит нас удовлетворенными своими рассуждениями и работами.

А вот комментарий Исаака Моисеевича:

— *В этой длинной цитате поразительным образом изложена целая грандиозная программа глубокого и последовательного решения комплекса задач статики сооружений, особенно поражающая воображение, если учесть, что автор ее жил задолго до того, как было сформулировано понятие силы, и не было даже определено само понятие научного метода познания. В то же время принципы проникновения во внутренние механизмы явлений, лежащих на поверхности, сформулированные Леонардо, в полной мере приложимы и к решению современных задач теории сооружений.*

Вслушайтесь в вопросы Леонардо! Сколько мыслей здесь! Какая глубина подхода к предмету, к которому все его предшественники, малые и великие, подходили ремесленно и поверхностно, грубо эмпирически, без всякой теории, без всякой идеи о том, что здесь может быть какая-то теория!

В наброске Леонардо, еще смутном, чувствуется философия будущей науки, указаны особенности научного толкования и изучения явлений, изложена целая программа действий.

Что ищет Леонардо, о чем мечтает, чем он не удовлетворен? Он не хочет удовлетворяться видимостью знаний, он жаждет глубокого познания явлений, он хочет знать законы, управляющие явлениями. Он понимает, что если он будет знать законы

и будет понимать по его выражению «причины, держащие здание как единое целое и делающие его прочным», он будет в состоянии возводить любой купол, любой формы, любого пролета, любых размеров, и его купол будет прочен и легок. Он мечтал об этом и взор его пытался проникнуть в далекое будущее, которое ему самому увидеть было не суждено...

Исаак Моисеевич неоднократно подчеркивал, что любая теория должна непрерывно развиваться подобно живому организму, причем желательнее, чтобы это происходило с опережением относительно запросов практики. Нарушение этого принципа приводит иногда к печальным последствиям. Это относится, в частности, и к вантовым конструкциям. Приведу хрестоматийный пример, связанный с появлением вантовых мостов с громадными пролетами, когда смелость инженерной мысли намного опередила развитие теории расчета порожденных ею конструкций.

Речь пойдет об обрушении висячего моста *Takoma Narrows* в США (в отечественной литературе утвердилось название «*Такомский мост*»). Обстоятельства этой наиболее известной в истории мостостроения катастрофы подробно описаны в книге Ф. Д. Дмитриев. Крушения инженерных сооружений. М.: Госстройиздат, 1953. Предоставлю слово Ф. Д. Дмитриеву. Вот, что он пишет:

— *Такомский мост* — трехпролетный, висячий, через р. Нэрроуз в штате Вашингтон близ г. Такома. Начало строительства моста относится к 1938 г., а окончание — к лету 1940 г. Общая длина моста — 1882 м, средний пролет — 854 м, два боковых — по 335,5. Ширина моста — 11,9 м.

Мост подвешен на двух стальных канатах диаметром 438 мм каждый со стрелой провеса 70,66 м. Пилоны — стальные, на бетонных быках высотой 129,6 м.

Мост имел стальные балки жесткости, представляющие собой клепаные двутавры с высотой стенки всего 2,44 м, то есть менее 1/300 пролета. По малости высоты балки жесткости *Такомский мост* не имел равных, и, стало быть, он больше, чем какой-либо другой висячий мост, был подвержен колебаниям... Конструкция моста была рассчитана на ветровую нагрузку от ветра скоростью 173 км/ч.

В день крушения, 7 ноября 1940 г., дул ветер со скоростью 67 км/ч. Частота волновых колебаний моста составляла 36 циклов в 1 мин. Следует отметить, что до этого были случаи, когда мост без повреждений переносил более сильные ветры и не меньшие амплитуды колебаний.

Около 10 часов утра частота колебаний в 36 циклов внезапно сменилась частотой в 14 циклов. Затем вертикальные вол-

новые колебания обеих подвесных систем моста стали происходить в разных фазах, то есть, когда амплитуды колебаний одной подвесной системы были направлены вверх, другая, вызывая закручивание проезжей части, опускалась вниз. Это закручивание ограничивалось центральным пролетом и не распространялось на боковые пролеты. При этом оба троса претерпевали продольные («катящиеся») колебания в противоположных фазах.

Когда кручение достигло максимума, проезжая часть наклонялась из стороны в сторону, составляя с горизонтом угол более 45 градусов. Максимальные волновые колебания имели частоту 12 циклов в 1 мин, причем ускорение превышало ускорение силы тяжести.

После того, как балки жесткости прогнулись на обоих концах, ряд подвесок разорвался. Разрушение шло быстро: сразу разрушались некоторые секции, некоторые до 180 м длиной...

Дальше рассказывается о подробных теоретических и экспериментальных исследованиях, которые и позволили установить, что причиной крушения моста был срывной флаттер, с которым раньше сталкивались только в авиации, причем критическая скорость ветра составляла 64 км/ч (одним из авторов расчетов этой скорости был знаменитый аэродинамик Теодор фон Карман). В качестве одной из рекомендаций, явившихся результатом работы специальной комиссии, было значительное увеличение жесткости на кручение несущей балки пролетного строения за счет двукратного увеличения высоты ее стенок.

Как видите, практика мостостроения столкнулась с одним из тонких динамических процессов, с которых начинался наш разговор о динамике жидкостных ракет — с флаттером, причем в не менее драматической форме. Это является наглядным свидетельством общности проблем динамики самых различных инженерных сооружений.

Такомский мост был восстановлен с учетом соответствующих рекомендаций и успешно служит в наши дни. Из его крушения были извлечены необходимые уроки, и новые всеячие мосты, как и некоторые высотные сооружения, например, радиомачты, телевизионные башни, рассчитываются на основе усовершенствованной теории, с не менее тщательным учетом явлений аэроупругости, чем современные летательные аппараты.

Элементы динамического расчета всеячих мостов, являющегося дальнейшим развитием теории И. М., можно найти в книгах: *Гольденблат И. И.* Современные проблемы колебаний и устойчивости инженерных сооружений. М.: Стройиздат, 1947 и *Рокар И.* Неустойчивость в механике. М.: ИЛ, 1959. Я выбрал именно эти книги потому, что в первой из них имеется ссылка на приоритетные работы Исаака Моисеевича, а во второй подробно

излагается математическая теория обрушения Такомого моста вследствие неустойчивых аэроупругих колебаний. Фотография, приводимая ниже, иллюстрирующая изгибно-крутильные колебания балки пролетного строения, заимствована из книги Рокара (эту фотографию можно встретить во многих книгах, включая книгу Дмитриева).

В мире уже существует большое количество вантовых мостов с пролетами, большими, чем у Такомого моста. Мне повезло повидать некоторые из этих мостов, в частности, *Golden Gate Bridge* и *Bay Bridge* в Сан-Франциско.

Самый большой пролет имеет вантовый мост Акаши-Кайкио в Японии, соединяющий острова Авадзи и Хонсю, введенный в эксплуатацию в 1997 году. Центральный пролет этого моста составляет 1991 м! (у моста *Golden Gate Bridge* — 1280 м).

Самый длинный мост в Европе — мост Васко да Гама в Португалии, протяженность которого составляет 17,2 км. Его строительство было завершено в марте 1998 года к 500-летию открытия Васко да Гама морского пути из Европы в Индию.

Замечательным вантовым сооружением является виадук Мийо во Франции, открытый в декабре 2004 года. Он особенно знаменит своей высотой: самая высокая его точка расположена в 343 метрах от поверхности земли, что превышает высоту Эйфелевой башни. Конструкция этого грандиозного сооружения разработана коллективом французских инженеров, а архитектурный проект принадлежит знаменитому английскому архитектору Норману Фостеру — автору проекта 612-метровой башни «Россия», строительство которой начато в «Москва-сити» — будущем деловом центре Москвы.

В недалеком будущем во Владивостоке должен появиться отечественный *Golden Horn Bridge* — аналог *Golden Gate Bridge* в Сан-Франциско: вантовый мост через бухту Золотой Рог, который должен быть введен в эксплуатацию в декабре 2011 года. Проектные его параметры следующие: общая длина 1388 м, главный пролет 737 м. Этот мост имеет оригинальную конструкцию: две плоскости вант в поперечном сечении.

— *Б. И., по-видимому, Вы должны обладать определенными знаниями в области теории сооружений на генетическом уровне. Кроме того, Вы в течение пяти лет были старшим преподавателем кафедры «Конструкция и прочность летательных аппаратов» в Киевском высшем инженерно-авиационном военном училище.*

Это дает мне основание просить Вас высказать свое личное мнение о причинах техногенной катастрофы (потрясение от которой, по крайней мере, у москвичей, наверное, пройдет не скоро), произошедшей 14 февраля 2005 года, когда у здания

«Трансвааль-парка» рухнула крыша, похоронившая под собой 28 жертв?

О катастрофах гражданских сооружений

— *Вы задали интересный вопрос. Прежде чем попытаться ответить на него, я хотел бы продолжить разговор о некоторых катастрофах гражданских сооружений, начатый описанием крушения Такомского моста. Сошлюсь еще на несколько типичных примеров, заимствованных из книги Ф. Д. Дмитриева, которую я цитировал.*

- *Неграмотная конструкция: крушение кинотеатра в Вашингтоне 28 января 1922 года во время сильной снежной метели (снег выпал слоем 50 см), повлекшее за собой гибель 97 человек (еще 200 получили ранения разной степени тяжести). Причиной крушения была неправильная конструкция опоры главной фермы, имевшей пролет 16,8 м и высоту 1,83 м. Опора, представлявшая собой двутавр с высотой стенки 50 см, потеряла устойчивость на кручение, что привело к обрушению купола.*

Далее автор этой книги пишет: «Шторм со снегом, увеличивший нагрузку на кровлю на 15 % был лишь последней каплей, ускорившей крушение. Следует добавить, что, кроме нерациональной примитивной опоры, не последнюю роль в крушении сыграла неустойчивость стены...»

- *Грубейшие ошибки при проведении монтажных работ: обрушение стального каркаса строящегося комплекса для редакции газеты «Правда». В процессе возведения каркаса не осуществлялся монтаж элементов, обеспечивающих восприятие тангенциальных усилий, так что, по существу, создавалась не многократно статически неопределимая рамная конструкция, а механизм. В результате еще до достижения проектной отметки весь каркас сложился как карточный домик.*
- *Пожар на Останкинской телебашне. Это уникальное сооружение построено из предварительно напряженного железобетона. Для обеспечения работы всей конструкции только на сжатие при любых эксплуатационных нагрузках, создающих изгибающие моменты, было предусмотрено несколько десятков высокопрочных стальных тросов, создававших дополнительные к обусловленным силами веса сжимающие напряжения во всех поперечных сечениях башни. Во время известного пожара примерно 2/3 тросов вышли из строя, тем не менее, башня не только не рухнула, но, как показали последующие исследования, сохранила определенный запас прочности.*

- *Террористический акт*: трагическое событие в Нью-Йорке 11 сентября 2001 года. Оно привело к гибели двух башен-близнецов Международного торгового центра и унесло более четырех тысяч жизней. Как известно, огромные самолеты, заправленные «под завязку» топливом, не вызвали при ударе падения ни одной из башен, несмотря на то, что сразу же была разрушена значительная часть несущих элементов. Обрушение произошло позднее вследствие грандиозного пожара, который привел к практически полному разрушению несущих конструкций. Рассчитать здания на такую нагрузку было, конечно, невозможно.

«Трансвааль»

Остается спроецировать все сказанное выше об инженерных катастрофах на трагические события, связанные с «Трансваалем». Их причина, вероятно, давно выяснена компетентными специалистами после соответствующих всесторонних теоретических и экспериментальных исследований. Результаты многомесячной работы соответствующей комиссии мне неизвестны.

Я, со своей стороны, не имея информации о конструктивных особенностях сооружения, силовой схеме, расчетных случаях нагружения, использованных методах расчета напряженно-деформированного состояния и не будучи специалистом в области прочности и устойчивости гражданских и промышленных сооружений, могу сформулировать только два тезиса.

1. При отсутствии в России узаконенных СНиП (строительных норм и правил) на подобные сооружения, следовало, исходя из элементарного здравого смысла, обеспечить достаточный запас прочности и устойчивости при выходе из строя не только одной, но и нескольких опор.

Трудно представить себе возможность возведения в наше время (увы, перенасыщенное весьма искусными в своем деле террористами) такого сооружения как аквапарк «Трансвааль», которое можно обрушить подорвав грамотно поставленный на одной из опор заряд в несколько сот граммов в тротиловом эквиваленте!

Но если это действительно было заложено в проект, то я не могу понять, как могли пропустить такой проект весьма компетентные организации, которые его приняли. Любой грамотный инженер-строитель, даже не обладая гением Леонардо да Винчи, позаботился бы при создании подобных сооружений о глубоком функциональном резервировании. Особенно это относится, конечно, к уникальным сооружениям с очень большими пролетами или высотой.

2. Практически мгновенное разрушение одной из металлических колонн при отсутствии в ней трещин и аномальных усталостных напряжений, которые должны были быть выявлены еще до начала монтажа колонн с помощью дефектоскопии и в процессе эксплуатации путем непрерывного мониторинга напряженно-деформированного состояния всех несущих элементов конструкции, трудно объяснить чем-либо, кроме внешнего воздействия.

— *Благодарю Вас за подробный ответ. Хотел бы теперь задать Вам вопрос из совсем другой области. Судя по некоторым признакам, Вы унаследовали от И. М. любовь к поэзии. Так ли это, а если так, то кто является, на Ваш взгляд, самым Великим поэтом и кто Вашим любимым поэтом? Великим драматургом? Великим прозаиком?*

— Я могу без колебаний положительно ответить на Ваш первый вопрос. На остальные вопросы мой ответ будет таков: если говорить о сочетании блестящего мастерства и глубины, то самым великим поэтом я считаю Михаила Лермонтова, а вот мой любимый (пусть, и не великий) поэт — Алексей Константинович Толстой (я имею в виду его баллады и лирические стихотворения). К сожалению, сейчас он почти забыт. Во всяком случае, когда я несколько лет тому назад спрашивал у своих студентов, на чьи слова написан знаменитый романс «Средь шумного бала», большая часть не знала, а остальные считали, что на слова Пушкина...

Как величина мирового масштаба, величайший драматург — это, конечно, Вильям Шекспир или тот, кто скрывается за этим именем. Однако, если бы Вы спросили о нашем соотечественнике, то я без колебаний назвал бы Александра Грибоедова — драматурга, поэта и публициста в одном лице. Бесчисленное множество строк из его поистине бессмертного произведения «Горе от ума» вошли в качестве органического элемента, как в литературный, так и в разговорный русский язык.

Что касается великого прозаика, то отечественная литература, как никакая другая, богата именами, попадающими под эту категорию. Однако у меня лично нет сомнений — Лермонтов не только гениальный поэт, но и величайший из наших прозаиков. На мой взгляд, его «Герой нашего времени» является непревзойденным шедевром русской прозы.

— *Я понимаю, что любая оценка такого рода является субъективной, и отношусь с уважением к Вашему мнению, но по поводу «Героя нашего времени» хочу высказать одно замечание: не кажутся ли Вам некоторые эпизоды несколько надуманными, например, сценарий дуэли Печорина с Грушницким?*

— А вот и нет. Действительность иногда является более удивительной, чем самый неправдоподобный авторский вымысел.

Расскажу с Вашего разрешения историю, которую мне однажды поведал под настроение один из моих близких друзей, провававший в пехоте в звании старшего сержанта всю Великую Отечественную Войну, в качестве снайпера и полкового разведчика. Как и большинство фронтовиков, он избегает разговоров о военных эпизодах, связанных со своей личностью, поэтому я не буду называть его имени. Пусть это будет *L*.

История эта такова. Дело было зимой, на одном из участков фронта, где немецкое наступление было остановлено, и наша и немецкая линии обороны, находившиеся на расстоянии выстрела, не претерпевали изменений в течение длительного времени.

Установившееся в боевых действиях затишье не устраивало командование, и оно время от времени перебрасывало с одного фланга на другой группы в составе нескольких снайперов. *L* был командиром одной из таких групп. В момент, когда он появился со своими снайперами в землянке комбата и доложил о своем прибытии, там выступал с монологом младший лейтенант, который, судя по его необоженной форме и военному званию, не был старожилом, а прибыл недавно с каких-то курсов переподготовки (военные училища выпускали лейтенантов).

Монолог был на национальную тему, чуждую настоящим фронтовикам, типа «*вот мы здесь, а они там...*». Можете догадаться, кто были «они». Что командир снайперов относился к категории «они», оратор понял только, услышав от старшего сержанта пару слов, которыми столь богат «*великий и могучий*». Эти слова произвели на него столь сильное впечатление, что он схватился с проклятьями за свой пистолет. Однако большой сноровки в этом деле у него не было, поэтому, пока он доставал пистолет, *L* успел направить на него свой ПППШ (его снайперская винтовка меньше подходила для этой цели).

Если бы за этим последовал выстрел, владельцу автомата светил бы трибунал и, как минимум, — штрафбат, но, к счастью, другие офицеры оперативно утихомирили воинственного оратора. Тем не менее, *L* не посчитал инцидент исчерпанным и, когда атмосфера в землянке стабилизировалась, произнес классическую фразу: «*Давай выйдем*».

Дальше события развивались так. *L* провел младшего лейтенанта по траншее до приступки, по которой можно было выбраться на бруствер, и сказал примерно следующее: «*За то время, пока здесь проходит линия обороны, немцы пристреляли на этом бруствере каждый сантиметр. Сейчас я вылезу на бруствер, стану в полный рост и простою одну минуту. В случае, если фрицы меня не убьют, то ты, поскольку такой храбрый, сделаешь то же самое*».

Сказав это, *L* выбрался на бруствер и простоял на нем ровно одну минуту. Немцы ни разу не выстрелили, видимо, из-за полного непонимания «загадочной русской души», способной подвигнуть человека на подобные странные действия. Храбрый младший лейтенант провел эту минуту в траншее, с лицом, белым как мел, но на бруствер потом не полез — Грушницким он не был... Инцидент был исчерпан. Люди, находившиеся в землянке, ни о чем не узнали. Для них участники описываемых событий просто выходили покурить.

Согласитесь, что, будучи иной по форме, по смыслу это была дуэль на таких же условиях, как описанная в «Герое нашего времени», причем с теми же примерно шансами у *L* остаться в живых, как у Печорина. И это не вымысел, а только одна из бесчисленных правд жизни людей на войне. Так что у меня имеются определенные основания считать Лермонтова реалистом... А вообще, если Вы хотите увидеть более широкую палитру той Великой войны и человеческих судеб в ней, то почитайте — нет, не Константина Симонова, — Василия Гроссмана «Жизнь и судьба» и Виктора Некрасова «В окопах Сталинграда».

Ретроспективный взгляд

— *Б.И., беседа наша близится к завершению, так что поговорим еще немного о Вас. Наверное, Ваши успехи в научном творчестве разделяют, в той или иной мере, и сотрудники возглавляемых Вами коллективов. Многие из них на всю жизнь сохранили благодарность за ту замечательную школу, которую им посчастливилось пройти под Вашим руководством. Как Вам удавалось создавать и поддерживать в течение многих лет во всех научных коллективах, больших и малых, которыми Вам довелось руководить, тот благоприятный микроклимат и ту творческую атмосферу, которые обеспечивали успех Вашей общей работы?*

— Ответить на этот вопрос не так просто, но я все же попытаюсь это сделать. Возможно, я интуитивно следовал «Инструкции для руководящих работников фирмы Дженерал Моторс», с которой я познакомился в оригинале значительно позже. Цитирую по памяти некоторые фрагменты этого впечатляющего документа. Будучи переведен с английского языка, он получил широкое распространение в ряде известных мне научных и околонаучных организаций, впрочем, без ссылки на первоисточник:

- *Помни, что ты работаешь на свою фирму и все твои действия служебного характера должны исходить из этого факта.*
- *Будь бесконечно терпелив, никогда не раздражайся.*
- *Предоставляй своим сотрудникам максимум свободы действий в рамках поставленной задачи и всячески поощряй*

их инициативу, не сковывая мелочными указаниями и придирами.

- *Никогда не делай за своих подчиненных то, что они могут сделать сами, за исключением случаев, связанных с риском для жизни...*

Дальше в том же духе. Все очень разумно и поучительно.

Вот два характерных эпизода, послуживших для меня важным жизненным уроком, свидетелем которых мне довелось оказаться в бытность мою инженером эскадрильи одного из полков дальней авиации.

Из зарулившего на стоянку после завершения полета бомбардировщика Ил-4, которыми был укомплектован наш полк, выбирается командир экипажа, старлей, не так давно закончивший летное училище и только что получивший очередное воинское звание, считающий себя «королем воздуха».

Он небрежно бросает парашют технику самолета со словами: «Скажи механику, чтобы отнес укладчицам. Как мотор? Работает, что ему делается». Тут все ясно: бремя белого человека не особо располагает к общению с аборигенами.

Аналогичная ситуация, только командир экипажа — заместитель командира нашего полка подполковник Сошин, проведший на этих Ил-4 всю Великую отечественную войну. Вот его первые слова: «Ну, Михалыч, мотор новый, который ты поставил, работает, как зверь. Спасибо тебе, дорогой. Парашюты? Не беспокойся, сами справимся — не хворые. У тебя и с аэропланом дел хватит...»

Эти маленькие сцены сыграли определенную роль в формировании кодекса моего служебного поведения.

Прежде всего, я всегда был самим собой и никогда не подлаживался ни под своих подчиненных, ни под своих начальников. Последние меня, как правило, за это не любили (Георгий Александрович Тюлин и Юрий Александрович Мозжорин представляли исключение, хотя в отношении последнего термин «уважал» подошел бы, пожалуй, больше).

Я никогда не стремился занять положение, которое превышало бы мои возможности, хотя такого рода предложения несколько раз поступали. Это позволяло мне всегда сохранять определенное «опережение по фазе», имея запас знаний и идей, дававших мне и моральное и фактическое право на руководство коллективом, в который входили весьма способные и знающие личности.

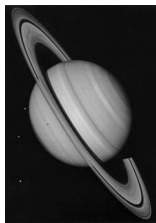
В то же время я старался подобрать каждому такую работу, которая была бы ему интересна и позволяла бы в максимальной мере проявить свои способности и инициативу, и относился к

каждому с уважением именно как к личности, а не к «винтику». Кроме того, я все время учился (в том числе и следуя известной многовековой мудрости «*Docendo discimus*» — «Обучая, учимся сами») и интересовался всем новым и интересным не только в своей области, но и во многих смежных областях. Это мне очень помогало, так как опыт человечества показывает, что иногда оригинальные решения появляются в результате применения подходов и методов, а иногда — и чисто технологических приемов, заимствованных из совершенно иной области науки и техники.

И, наконец, последнее. Я всегда свято исповедовал следующий принцип: если что-то сделано хорошо, то это *наша общая заслуга* и *наш общий успех*, в котором всячески подчеркивалась роль «именинника»; если что-то провалено или кто-то из моих подчиненных допустил явный прокол, то для «верхних начальников» это была *моя и только моя вина*.

Не было случая, чтобы я когда-нибудь подставил в этой ситуации того, кто фактически провалил дело. Правда, в подходящий момент я высказывал ему (ей) (причем, всегда тет-а-тет), что я обо всем этом думаю. Как правило, это помогало, но некоторые сами сходили с дистанции, не приспособившись к стилю нашей команды. Вот и весь секрет. Однако все это уже, так сказать, *Past Perfect*...

— *Б. И., мы вспоминали прошлое («Past Perfect», как Вы выразились). А какими проблемами, если не секрет, Вы заняты в настоящем? С чем Вы пришли к сегодняшнему дню? Все возвращается на круги своя?*



Сегодняшний день. О некоторых проблемах, порожденных средой обитания

— ТЭМП переключился на разработку новых видов скоростного внутригородского транспорта и участвует по этой линии в некоторых перспективных программах правительства Москвы. Коллектив, работавший много лет над созданием комплекса RT-Soft, **распался**. Четверо его членов работают за границей, переехав туда на постоянное жительство.

Я, как уже говорил, перешел на работу в Институт космических исследований РАН, в отдел, который возглавлял до своей кончины Павел Ефимович Эльясберг, а теперь — один из его учеников — Равиль Равильевич Назиров, сумевший расширить тематику отдела, сохранив лучшие традиции Павла Ефимовича.

Единственным членом нашей команды, возвратившимся несколько лет назад на работу в ЦНИИМаш, в наш родной отдел,

является сейчас Александр Мытарев. В ИКИ я встретился со своими коллегами по ЦНИИМаш Викторией Прохоренко, а также с Игорем Сидоровым, давно уже ставшими научными со-трудниками этого Института.

Что касается проблем, которыми я занимаюсь в настоящее время, то никакого секрета в том, что это за проблемы, нет. Я снова обратился к задачам, постановка которых стимулирована в каком-то смысле всей моей предыдущей деятельностью, о которой я постарался рассказать, как умел, на протяжении нашей беседы.

Словом, может показаться, что *«все возвращается на круги своя...»*. Однако это не совсем так. Скорее здесь больше подходит аналогия с листом Мёбиуса. Мое возвращение к космической тематике произошло с постепенным поворотом по фазе вплоть до 180°: от *технических средств, предназначенных для космических исследований, к некоторым объектам самих этих исследований.*

Начало этому было положено несколько лет назад, когда мы начали заниматься совместно с Александром Ивановичем Мытаревым и Равилем Равильевичем Назировым проблемой ориентации и стабилизации космических аппаратов на основе новых физических принципов. Речь идет о применении в качестве исполнительного элемента в контуре управления пространственным положением объекта так называемого магнитогидродинамического (МГД) элемента, предложенного Вашим покорным слугой.

Работа этого исполнительного элемента основана на использовании МГД-эффектов. В первоначальной версии МГД-элемент представлял собой тор, полностью заполненный высокоэлектропроводной, замагниченной жидкостью. Создание управляющих моментов достигалось изменением тока подмагничивания.

МГД-элемент такой конфигурации прошел экспериментальную проверку, подтвердившую адекватность нашей математической модели. Соответствующие результаты были опубликованы в статьях *Чурилов Г. А., Клишев О. П., Мытарев А. И., Рабинович Б. И.* Экспериментальное исследование тороидального МГД-элемента. Физическая и математическая модели процесса медленного торможения. Полет. № 9. 2001 и *Чурилов Г. А., Клишев О. П., Мытарев А. И., Рабинович Б. И.* Экспериментальное исследование тороидального МГД-элемента. Физическая и математическая модели процесса быстрого торможения // Полет. 2001. № 10.

В последнее время удалось разработать новую версию МГД-элемента, обладающую более широкими возможностями (см. рисунок). В этой версии МГД-элемент включает тороидальную полость, частично заполненную высокоэлектропроводной жид-

костью (например, ртутью или жидким натрием), расположенную между полюсными наконечниками двух пар электромагнитов.

Такая конструкция дает возможность резко повысить напряженность магнитного поля в зазоре магнитопровода и обеспечить управление движением КА в плоскостях стабилизации и его вращением вокруг продольной оси, в частности, обеспечить устойчивость вращающегося КА с баками, частично заполненными компонентами жидкого топлива, снабженного упругими элементами типа солнечных батарей и штыревых антенн.

Применение МГД-элементов в контуре управления в принципе позволяет создать бесшарнирные (в отличие от гироцинов и маховичных систем) и не требующие затрат рабочего тела системы стабилизации и ориентации КА нового поколения.

Сейчас мы как раз ведем с Сашей Мытаревым исследования в этом направлении, причем с учетом упругих деформаций элементов конструкции. Хотел бы подчеркнуть, что его роль в этих исследованиях трудно переоценить. Его высокая квалификация в области теории управления, математического моделирования и методов обработки результатов экспериментов, а также неослабевающий интерес к новым проблемам являются залогом успеха в решении любой нестандартной задачи. Могу смело сказать, что без этих его качеств многие из наших замыслов не были бы реализованы.

Следует сказать, что в процессе нашей работы над новой версией МГД-элемента мы столкнулись с проблемой устойчивости «жидкого гироскопа», то есть вращающегося твердого тела с полостью, частично заполненной жидкостью. Этой проблемой начал заниматься еще в период своей работы в НИИ-4 Г. С. Нариманов, получивший математическую модель упомянутой системы для случая цилиндрической полости и тонкого слоя жидкости. В то время эта важная работа оказалась невостребованной.

Хотел бы снова процитировать в связи с задачей о поведении жидкости при маневрах КА в пространстве своего любимого фантаста Артура Кларка. Вот, что он пишет об этом в своем романе «Свидание с Рамой» («Рама» — это огромный вращающийся инопланетный космический корабль с «морем» внутри): *«...По дуге цилиндрического моря мчалась приливная волна... Результат первого толчка (при изменении ориентации корабля) был с предельной очевидностью запечатлен на изогнутой водной глади, которая, казалось, неустанно падает с неба».*

Любопытно, что именно проблемы, связанные с «жидким гироскопом» и с МГД-элементом, как и новая «среда обитания» (Институт космических исследований) привели к моему возвращению к задаче, которой я начал заниматься из чистого любопытства более 15 лет назад, относящейся к совсем другой

отрасли знания, а именно, — к космологии. Произошло то самое перемещение по листу Мёбиуса, о котором я говорил. Общим фактором для обеих этих задач явилась доминирующая роль магнитогидродинамических эффектов.

Речь идет о попытке объяснить происхождение колец больших планет и изоморфизм (подобие) Солнечной системы атому водорода, исходя из модели тонкого плазменного «протокольца», вращающегося в магнитном поле центрального «прототела». Этому способствовала также новая богатая информация о структуре колец Сатурна, полученная американскими КА *Voyager*, *Galileo* и *Cassini*.

Первые мои публикации на эту тему появились по представлению академика В. И. Арнольда в ДАН СССР в 1996 и в 1999 годах. В последние годы мне удалось обобщить результаты, полученные раньше для планетных колец, на произвольные планетарные и спутниковые системы. Новые результаты, полученные в этом направлении, были опубликованы в виде цикла статей в журнале «Космические исследования» в 2006 году (Т. 44. № 1, 2) и в 2007 году (Т. 45. № 1, 5).

Математические модели, разработанные для исследования динамики МГД-элементов, прошедшие экспериментальную проверку, оказалось возможным использовать для прогноза вращения недавно открытого на основе данных, полученных магнитометрами КА *Galileo* океана спутника Юпитера Европа и его ледяной оболочки.

— *Б. И., расскажите, пожалуйста, об этих исследованиях немного подробнее. Как возникла их первоначальная идея?*

— Побудительный мотив такого рода исследований, и моих в том числе, вероятно, надо искать в словах Гамлета:

*«И в небе и в земле сокрыто больше,
Чем снится вашей мудрости, Горацио...»*
Вильям Шекспир. Гамлет

С другой стороны, мощным стимулом послужила глубокая внутренняя связь между, казалось бы, совершенно различными физическими явлениями «в небе и в земле». Мысль о квантовании радиусов орбит планет Солнечной системы и их спутников, подобного квантованию радиусов допустимых орбит электронов в атоме водорода, витала в воздухе еще со времен Резерфорда и Бора. В модели Бора атома водорода радиусы этих орбит пропорциональны квадратам квантовых чисел N , принимающих целочисленные значения.

Идея изоморфизма (подобия) явлений макромира и микромира, включающая квантование элементов орбит, в конкретной форме была, насколько мне известно, впервые сформу-

лирована Альбертом Михайловичем Чечельницким в книге *Чечельницкий А. М.* Экстремальность, резонансность в астродинамике и космонавтике. М.: Машиностроение, 1980. В ряде его последующих публикаций получило развитие представление Солнечной системы и других планетарных систем как волновых динамических систем.

Эта новая для небесной механики парадигма послужила серьезным прогностическим инструментом, позволившим предсказать квантованные радиусы орбит всех 10 спутников Урана, открытых в 1986 году КА *Voyager 2*, и 8 спутников Нептуна, открытых в ходе той же миссии в 1989 году.

Эти данные опубликованы в статьях *Чечельницкий А. М.* Система Урана. Солнечная система и волновая астродинамика. Прогноз теории и наблюдения КА «Вояджер 2» // ДАН СССР. 1988. Т. 303. № 5. С. 1082–1088 и *А. М. Chechelnitzsky.* Neptune — unexpected and predicted. Prognosis of theory and Voyager 2 observations // Report (IAF-92-0009) to the World Space Congress. Washington DC: AIAA Prepr. 1992. Они приводятся в таблице в конце главы.

Помимо близости квантовых чисел N_U и N_N к их изоморфным аналогам N , мы видим здесь квантование более высокого уровня, аналогичное расщеплению спектральных линий в спектре раскаленного газа.

Сейчас А. М. проживает в Германии, пополнив собой список отечественных ученых, работающих в зарубежных научных учреждениях. Один из его предшественников, как известно, «Из Германии туманной привез учености плоды». В данном случае все было наоборот...

Должен сказать, что знакомство с работами Альберта Михайловича и многолетняя дружба с ним, продолжающаяся по сей день, способствовали моему интересу к проблеме квантования параметров Солнечной системы, о которых пойдет речь.

Солнечная система представляет собой очень сложную динамическую систему, полную загадок. Многие ее особенности до сих пор не нашли удовлетворительного объяснения в рамках парадигм классической небесной механики. Особенно интересными ее объектами являются кольца, имеющиеся у всех больших планет. Именно с них начались мои попытки ввести в рассмотрение новый концептуальный базис, о котором скажу дальше.

Наиболее известна система колец Сатурна, открытая великим Галилеем. Полеты космических аппаратов, которые я упоминал, доставили о кольцах Сатурна огромный объем информации, неизмеримо больший накопленной за все предыдущие столетия. Некоторое представление об этом дают высказывания руководителей групп отображения миссии *Voyager*, Брэда Смита,

которого я уже упоминал, говоря об открытии вулканов на Ио, и миссии *Cassini*, Каролин Порко, которые я процитирую, следуя статьям *Gore, Rick. Voyager 1 at Saturn. Riddles of the Rings // National Geographic, 1981, V. 160. N. 1. July* и *Porco Carolyn. Captain's Log: 2004.184 // The Planetary Report, 2004. V. 24. N. 5.*

Брэд Смит: — *Сатурн является наиболее чарующим объектом на небосводе. На сегодняшний день он сильнее всего сбивает нас с толку своими странными спицами или пальцеобразными выступами, которые являются более темными, чем сами кольца, и которые тянутся через кольцо.*

...Тайна колец представляется все более глубокой, пока мы не начинаем думать, что это бездонная пропасть. Вещь, которую я меньше всего ожидал увидеть, — это эксцентричное кольцо — и мы нашли два.

...Сотни неожиданных колечек внутри колец появляются перед электронными глазами «Вояджера». Деление Кассини, предположительно свободная зона между внешним кольцом А и средним кольцом В, ожила, по меньшей мере, тремя дюжинами малых колечек. Удивительные спицы протянулись в радиальном направлении поперек кольца В.

...Большинство астрономов полагают, что с тех пор как кольца еще формировались, этот процесс всегда является рутинным следствием законов небесной механики, особенно — механизма, называемого резонансом. До Вояджера такие резонансы предполагались ответственными за те локальные структуры, которые демонстрируют кольца. Но теперь мониторы JPL (Jet Propulsion Laboratory) видят больше структур не только в кольцах, но и в делении Кассини, чем может объяснить любая симфония резонансов.

...Мы думали, что увидели все, что можно было увидеть, но в этом странном мире колец Сатурна причудливое стало банальностью; когда мы посмотрели сегодня на кольцо, вот, что мы увидели:

То, что показал Смит, — это картина кольца F, расщепленного на три пряди, две из которых оказались переплетенными. Они напоминали двойную спираль ДНК. Смит заметил, что в прядях имеются также узлы, или петли.

— *«Косы» бросают вызов законам небесной механики по многим причинам, — сказал он, — но, очевидно, эти кольца ведут себя правильно (these rings are doing the right thing); я полагаю, что мы просто не очень хорошо понимаем законы.*

Каролин Порко: — *...Стало немедленно очевидно после изучения 61 изображения, что мы обнаружили целую коллекцию новых явлений, которые никогда не удавалось увидеть раньше, а некоторые из которых даже предвидеть. Мы видели много узких*

колечек, отделенных от широких лент, разрезанных на множество казавшихся некогерентными структур. Но по большей части мы видели волны, много волн.

...Волны являются точно идентифицируемыми, но странными структурами, и мы не имеем сколько-нибудь полного удовлетворительного объяснения того, почему они выглядят именно так. Соответствующие теории «спотыкались» много лет тому назад, когда отсутствовали достаточно точные данные, на которых они могли бы базироваться. Сейчас, вернувшись к Сатурну, мы имеем щедрую информацию, которой не располагали раньше, обстоятельство, которое, конечно, будет стимулировать изучение формирования и распространения этих волн.

Думаю, что здесь уместно привести слова Нобелевского лауреата Ханнеса Альвена — создателя магнитной гидродинамики (цитирую по книге *Lerner. Eric J. The Big Bang Never Happened. Vintage Books. A Division of Random House, Inc. N. Y., 1992*): «Я всегда полагал, что астрофизика должна быть экстраполяцией лабораторной физики, которая должна начинаться с современной вселенной и выработывать наш путь назад, ко все более удаленным и неизвестным эпохам».

Руководствуясь этим принципом, Альвен высказал интересную гипотезу о происхождении планетных колец и, возможно, самих планет. Цитирую по книге *Х. Альвен. Космическая плазма. М.: Мир, 1983*:

«Основное отличие Солнечной системы состоит, по-видимому, в том, что в прежние времена плотность плазмы, окружающей центральное тело, была гораздо выше. В результате могло реализоваться состояние частичной коротации (совместного вращения) свободно вращающейся плазмы, окружающей центральное тело. Строение пояса астероидов и колец Сатурна объясняется этим явлением».

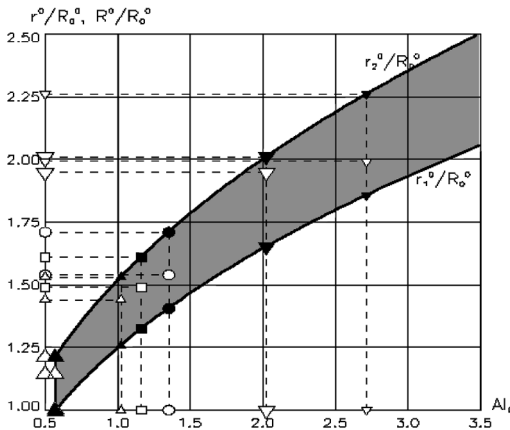
Поскольку у всех планет, обладающих кольцами (Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун) имеются мощные магнитные поля, это высказывание Альвена послужило для меня руководящей идеей для формирования концептуального базиса, о котором я обещал рассказать. Определенную роль в этом тонком вопросе сыграли, конечно, мои исследования, связанное с синтезом адекватной математической модели МГД-элемента.

Я ввел в рассмотрение, следуя Альвену, новые силы, а именно, магнитогидродинамические, и сформулировал краевые задачи магнитной гидродинамики для тонкого плазменного кольца, вращающегося в магнито-гравитационном поле центрального тела. Плазма предполагалась разреженной, имеющей высокую электронную концентрацию, магнитное поле — дипольным, с малым углом наклона оси диполя к оси вращения центрального тела.

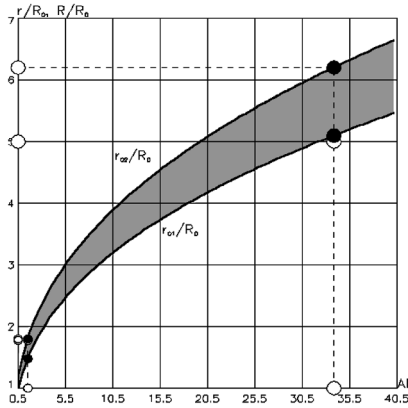
Ценой больших усилий и многолетней работы удалось получить приближенное аналитическое решение этих задач, проверенное скрупулезными численными расчетами А. В. Калининой, причем двумя независимыми методами, с помощью стандартного QR-алгоритма и разработанного нами RI-алгоритма, о котором я говорил выше. Решение это носит фундаментальный характер, и его анализ позволил доказать, что однородное кольцо, состоящее из замагниченной плазмы, расщепляется в процессе эволюции на сотни элитных колец, удовлетворяющих кванто-механическому условию Луи Де-Бройля. Эти кольца определяются собственными значениями безразмерной секториальной скорости, которые зависят от трех квантовых чисел, совпадающих с квантовыми числами, появляющимися в решении уравнения Шредингера для атома водорода.

Элитные кольца, похожие на солитоны Френкеля – Контровой, не подвержены действию диссипативных сил. Удалось доказать устойчивость этих колец по Ляпунову и определить внутреннюю и внешнюю границы области их возможного существования. Полученные решения были применены, в развитие гипотезы Ханнеса Альвена, на основе эвристической модели эволюции элитных колец, к объектам Солнечной системы. Некоторые результаты показаны на рисунках.

На первом рисунке представлены в функции числа Альвена $Al_0 = a_0/V_{G_0}$ безразмерные радиусы границ области существования и устойчивости плазменных колец r_j^0/R_0^0 ($j = 1, 2$) и средние безразмерные радиусы наблюдаемых колец больших планет, пересчитанные на эпоху протокольца, R^0/R_0^0 , где R_0^0 — радиус



Области существования плазменных протоколец больших планет



Область существования Юпитерианского тора

центрального прототела; a_0 и V_{G0} — скорость магнитогидродинамических волн (волн Альвена) в плазменном протооблаке и гравитационная круговая скорость, приведенные к поверхности прототела. Значки в форме кружков соответствуют кольцу Юпитера; треугольники — кольцам C, B, A, F Сатурна; квадраты — системе колец Урана (прозрачные значки). Черные значки соответствуют границам области существования каждого из протоколец.

Как видно из этого рисунка, все плазменные «предки» колец больших планет располагаются в области околопланетного пространства, соответствующие теоретическому прогнозу. Это дает основание считать, что наблюдаемые кольца являются реликтами элитных плазменных колец.

На втором рисунке показана в тех же обозначениях аналогичная картина для плазменного тора, окружающего Юпитер, внутри которого расположена орбита его спутника Ио (большие кружки). Для сравнения показаны точки, соответствующие плазменному протокольцу Юпитера (маленькие кружки). Если принять для Юпитерианского плазменного тора, что его наблюдаемая внешняя граница совпадает с теоретической (верхний значок), то наблюдаемая внутренняя граница (прозрачный нижний значок) практически полностью совпадет с теоретической (черный значок).

Дальнейшие исследования позволили выделить в каждом из множества элитных колец подмножество суперэлитных колец с квантовыми числами, соответствующими Боровским орбитам электрона в атоме водорода. Радиусы эволюционно зрелых суперэлитных колец оказались совпадающими с радиусами орбит планет Солнечной системы и орбит спутников больших планет.

Эти системы характеризуются фундаментальными постоянными, аналогичными перенормированной на «макромасштаб» постоянной Планка.

Было также установлено, что постоянная, соответствующая Солнечной системе, определяет не только квантование радиусов орбит планет и их секториальных скоростей, но и квантование угловых скоростей собственного вращения планет, кроме планет, испытывающих сильное приливное воздействие со стороны Солнца (Меркурий и Венера).

А теперь несколько слов о менее масштабной задаче, связанной с океаном спутника Юпитера Европа, которой я занимаюсь. Здесь мы также имеем дело с ярко выраженными магнитогидродинамическими эффектами.

Дело в том, что вращающаяся вместе с планетой магнитосфера Юпитера возбуждает в электропроводном океане Европы вихревые токи, которые индуцируют у Европы собственное нестационарное магнитное поле. Вращение этого поля должно, благодаря возникновению магнитогидродинамических сил, приводить к вращению океана в ту же сторону, в которую вращается Юпитер. Во вращение вовлекается и ледяная оболочка океана. В силу малости возмущающих сил это вращение должно быть крайне медленным. Зафиксировать его сколько-нибудь уверенно прямыми наблюдениями пока не удалось — это дело будущих миссий.

— *Б.И., Ваша теория, о которой Вы говорили вначале, представляется впечатляющей и выглядит очень привлекательно. Однако в ней содержится целый ряд априорных допущений и гипотез, так что она скорее только подтверждает слова Гамлета. Что Вы думаете по этому поводу?*

— Я отвечу Вам словами людей, прославившихся, каждый в своей области, в исторические эпохи, разделенные тремя столетиями, герцога Франсуа де Ла Рош Фуко и нобелевского лауреата Ричарда Фейнмана (с которым мы уже встречались на страницах этой книги):

«...Чтобы постичь окружающий нас мир, нужно знать его во всех подробностях, а так как этих подробностей бесчисленное множество, то и знания наши всегда поверхностны и несовершенны...»

Франсуа де Ла Рош Фуко

«...Важный шаг в изучении природы — это всегда только приближение к истине. Все, что мы узнаем, — это какое-то приближение. Все изучается лишь для того, чтобы снова стать непонятным или, в лучшем случае, потребовать исправления...»

Ричард Фейнман

— *Получается, что Вселенная в принципе непознаваема?*

— Нет, имеются все основания полагать, что это не так. Сошлюсь на мнение весьма авторитетного в этой области человека, сделавшего гигантский шаг в направлении познания того, как «устроена» Вселенная:

«Самым непостижимым в том, что касается вселенной, является то, что она постижима».

Альберт Эйнштейн

— *Б.И., Мы подошли к концу нашей беседы «о разном». Не могли бы Вы сказать что-либо о связи столь разных материй, как теория вантовых систем и космонавтика?*

— Такая связь существует, и найти ее помогает незримо присутствующий при нашей беседе Артур Кларк. Обратимся к его роману «Фонтаны рая», который я уже упоминал раньше. Говоря устами своего героя о динамике гигантской вантовой (тросовой) системы, связывающей геостационарный ИСЗ с наземным комплексом, Кларк проводит аналогию с колебаниями Такоцкого моста. Вот Вам пример связи, о которой Вы спрашивали.

— *Б.И., спасибо, что Вы помогли мне (не без помощи Вашего любимого советника) разобраться в этом тонком вопросе. Давайте обратимся теперь от технических проблем к одной из общечеловеческих. Соммерсет Моэм в своей книге «Время страстей человеческих» сравнивал жизнь человека с ковриком с черными и белыми полосками. Не могли бы Вы проецировать эту мысль, глядя сквозь призму времени, на оценку Вашей профессиональной деятельности?*

— Говорить на такую, скажем прямо, деликатную тему — довольно неблагодарная задача, так как существует внутренняя и внешняя оценки любой человеческой деятельности, причем эти оценки часто сильно расходятся. О внутренней оценке моей деятельности в области РКТ я уже говорил. Оценка эта, конечно, носит субъективный характер. Что касается внешней оценки, то припоминаю одну белую полоску, когда я целый день купался в лучах собственной славы. Могу об этом рассказать.

Дело в том, что среди прочих важных дел, которыми занимались сотрудники ЦНИИМаш, была сдача норм на значок ГТО («Готов к труду и обороне»), причем 2-й ступени. Наша готовность к труду не вызвала сомнений, а вот готовность к обороне надо было еще доказать. Когда соответствующая волна докатилась до нашего отдела, я повел (с внутренними проклятиями) свои войска в тир — доказывать нашу обороноспособность путем выполнения упражнения по стрельбе из малокалиберной винтовки на 50 метров.

Следует пояснить, что, хотя я и выполнял, будучи на военной службе (без особого блеска) упражнения по стрельбе из пистолета

ТТ, из мелкокалиберки я не стрелял со школьного возраста, когда активно тренировался с целью получить весьма престижный в то время значок «Ворошиловский стрелок». Тем не менее, к моему удивлению, выяснилось, что навыки, приобретенные за четверть века до описываемых событий, сохранились, так что я «перестрелял» со второй попытки всех отдельческих чемпионов, выбив 47 очков из 50 возможных. После этого я решил, что выполнил свою историческую миссию и могу вернуться к прерванным делам.

Однако не тут-то было! На следующий день неожиданно выяснилось, что из рядового доктора технических наук (мало ли их было в ЦНИИМаш), известного только ограниченному контингенту «динамиков и примкнувших к ним», я в одночасье стал общеинститутской знаменитостью.

Целый день мне звонили по телефону какие-то спортивные боссы все более высокого ранга, подчеркивали свое уважение, не скупились на комплименты и предлагали защищать честь Института на разных стрелковых соревнованиях, обещая всяческие льготы, вроде освобождения от работы на время тренировки (нашли, чем купить!).

Я отвечал гордым отказом, говоря, что не хочу искушать судьбу, не гонюсь за славой, и готов довольствоваться лаврами победителя отдельческого масштаба. Что касается чести Института, то я могу защитить ее на другом поприще. С тех пор прошло много лет, и я понял, что это был мой звездный час, высшее признание моих личных достижений человечеством (в лице его отдельных представителей). Ирония судьбы...

— *Борис Исаакович, я понимаю, что Вы, конечно, шутите, и, поверьте, ценю Ваше остроумие. Но мне, в частности, известно, что Вы получили сертификат Международного биографического центра (IBC) в Кембридже (Англия) от 1 ноября 2002 года, подтверждающий, что Вы удостоены звания «Международный ученый 2002 года». Этим престижным отличием отмечаются только несколько выдающихся ученых из числа более четырех тысяч, биографии которых были опубликованы в сборниках IBC «Who is Who» за два года. Каковы будут Ваши комментарии?*

— Я не склонен переоценивать роль подобных отличий. Больше ценю мнения о моем вкладе в создание реальных объектов РКТ и скоростного транспорта моих коллег-разработчиков, хотя эти мнения и не обличены в столь цветистую форму.

— *Б. И., позвольте «под занавес» сугубо личный вопрос: о чем Вы мечтаете?*

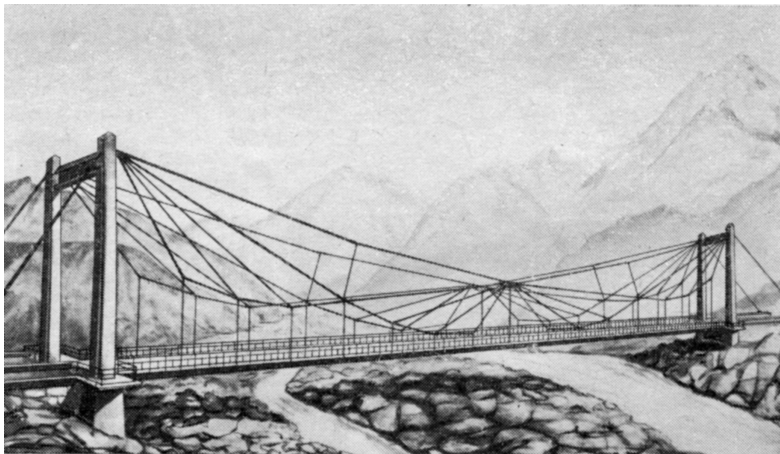
— Пусть это не прозвучит высокопарно, но я мечтаю о том, чтобы мог гордиться тем, что имею счастье жить в стране, которая относится к каждому своему гражданину, как к Высшей Ценности... К сожалению, мы пока еще бесконечно далеки от этого.



И. М. Рабинович — автор теории вантовых сооружений



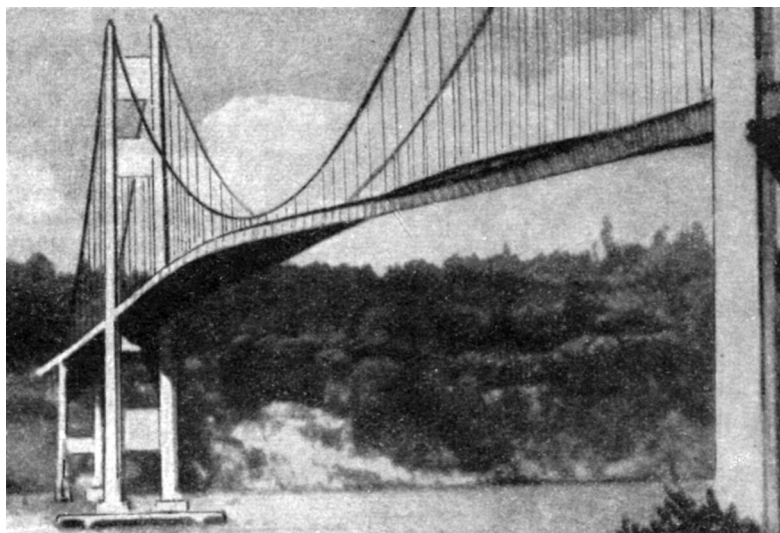
Е. Н. Крыльцов



Вантовый мост через реку Магану в Верхней Сванетии
конструкции Е. Н. Крыльцова, 1925 год



Первый в Москве вантовый мост «Живописный».
Строительство и законченный мост, 2007 год



Крутильные деформации Такомого моста за час до крушения
7 ноября 1940 года



Восстановленный Такомокий мост



Мост Golden Gate Bridge в Сан-Франциско



Мост Bay Bridge в Сан-Франциско



Самый высокий в мире мост: виадук Мийо (Франция)



Самый длинный в Европе мост Васко да Гама (Португалия)

Мост Акаши-Кайки, имеющий самый большой в мире центральный пролет (Япония)





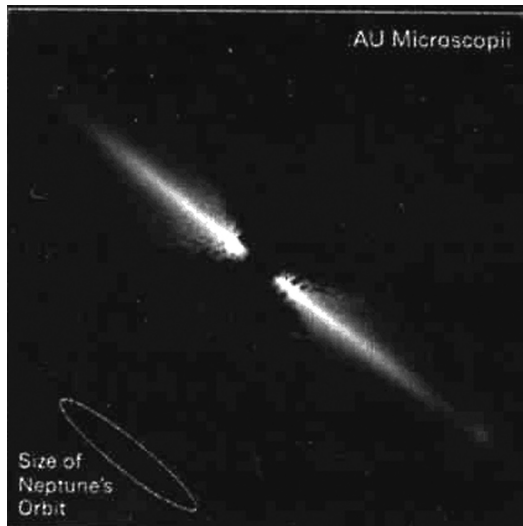
Проект двухпилонного вантового моста
через бухту Золотой Рог (Владивосток)



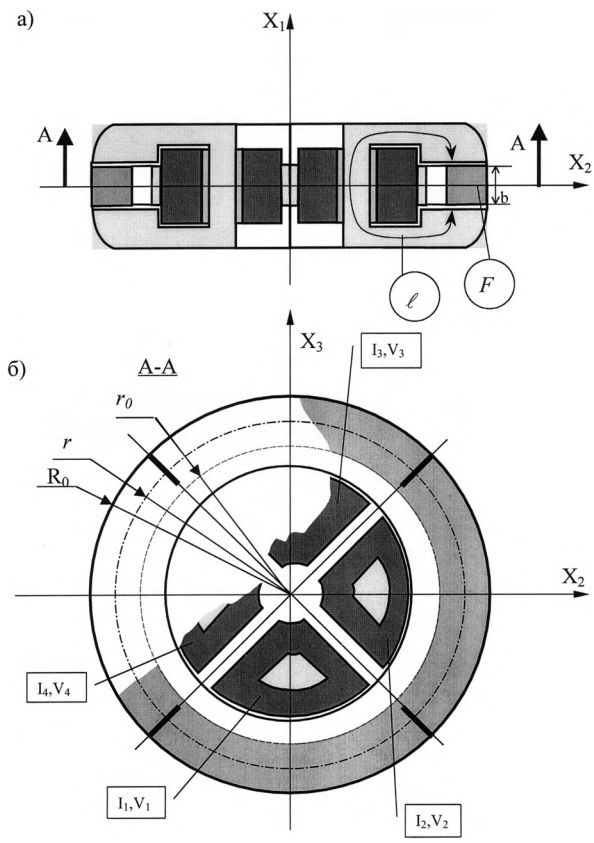
Еще один пример вантового сооружения:
телевизионная вышка в Сиднее (Австралия).
На ее фоне — монорельсовая дорога



Ханнес Альвен —
создатель магнитной гидродинамики



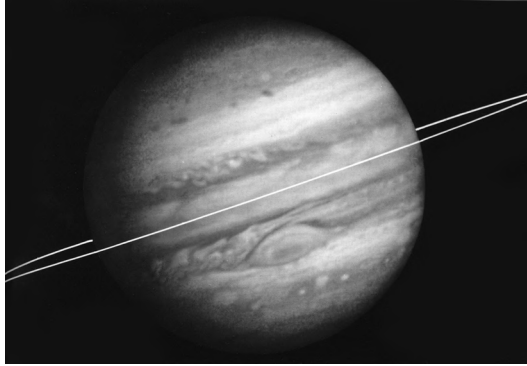
Протопланетный диск у звезды AU Microscopii
(космический телескоп Хаббл)



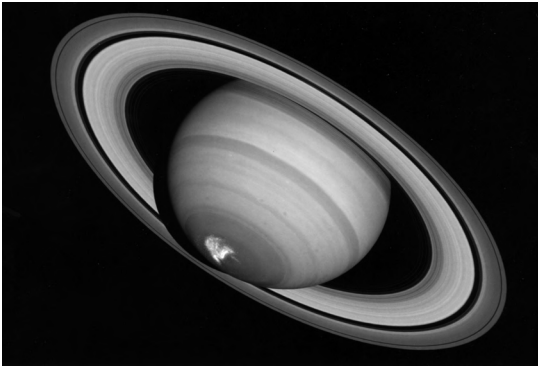
МГД-элемент: F — электропроводная жидкость; l — ферромагнитный магнитопровод; I_j, V_j — ток и напряжение в катушках

КОЛЬЦА БОЛЬШИХ ПЛАНЕТ

Юпитер

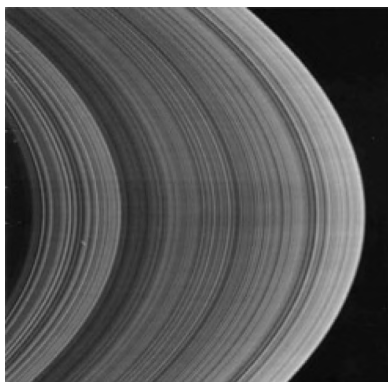


Сатурн

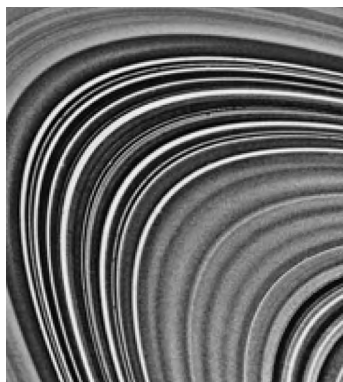


Уран

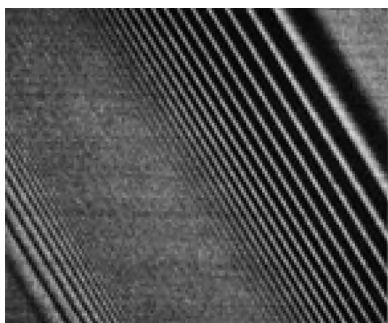




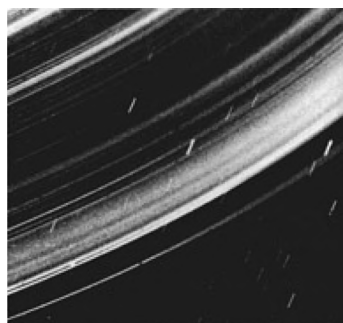
а)



б)

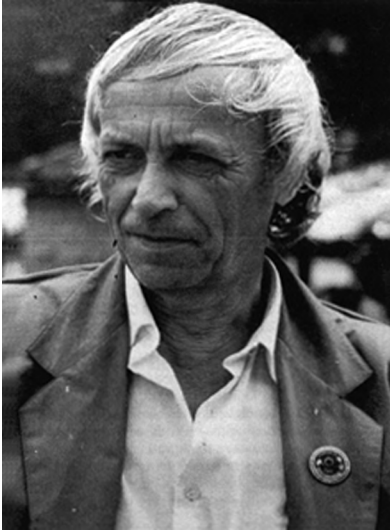


в)



г)

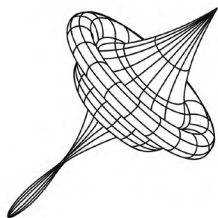
Тонкая структура колец Сатурна: а) общая картина колец (КА *Voyager 2*);
б) кольца В и С (КА *Voyager 2*); в) фрагмент кольца А (КА *Cassini*)



А. М. Чечельницкий

Теоретические значения квантовых чисел N по А. М. Чечельницкому и их фактические значения для спутников Урана (N_U) и Нептуна (N_N), открытых КА *Voyager 2*

N	N_U	N_N	N	N_U	N_N	N	N_U	N_N
9	-	8,85	11	10,7	-	12	11,6	-
	-	9,03		10,9	-		12,0	-
	-	9,25		11,0	11,0	13	12,9	-
10	9,72	10,0		11,1	-	14	-	13,9
	10,1	-		11,3	-	24	-	24,0



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

— **Борис Исаакович, что Вы скажете, «подводя итоги», о нашем бренном мире и чем бы Вы хотели закончить нашу беседу?**

— Мы живем в мире, далеком от совершенства, полном многочисленных возмущающих воздействий на человека. Я стараюсь реагировать на них, руководствуясь словами молитвы Святого Франциска, которая звучит так:

*«Господь, даруй мне
Спокойствие, чтобы принять вещи, которые я не могу изменить,
Мужество, чтобы изменить вещи, которые я в состоянии, и
Мудрость, чтобы знать отличие между теми и другими».*

Что касается завершения нашей беседы, то я хотел бы закончить четверостишем из стихотворения И. Анненского («Среди миров», 1909 год):

*«Среди миров, в мерцании светил
Одной Звезды я повторяю имя...
Не потому, чтоб я Ее любил,
А потому, что я томлюсь с другими...»*

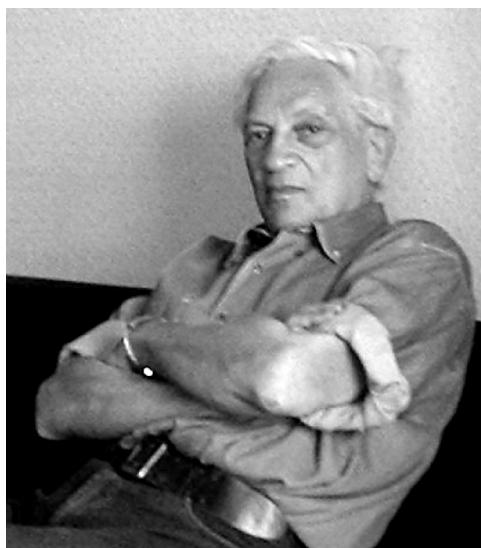
— Для меня такой Звездой была в течение многих лет, пролетевших как одно мгновение, проблематика, которой были посвящены эти годы.

Книга открывается фразой, принадлежащей одному из величайших мыслителей, которых знало человечество, Леонардо да Винчи. Авторы использовали в качестве соответствующего символа компьютерный рисунок Алексея Николаева, воспроизведенный в начале книги. Я хочу снова обратиться к этому

символу, поскольку он приобрел теперь новый смысл. Автор рисунка, Леша Николаев, был в высшей степени целеустремленным человеком. У него была своя звезда, к которой он стремился, но о которой никому не рассказывал. Это стремление проявилось в последние годы в его увлечении парашютным спортом. Готовясь к каким-то свершениям космического масштаба, он выполнил более 1000 парашютных прыжков в самых сложных условиях. Когда эта книга готовилась к печати, из Франции пришло печальное известие: выполняя очередной парашютный прыжок в составе группы, Леша погиб. С ним это не должно было случиться, но случилось... В это трудно поверить. Тяжелая утрата для его близких, для друзей, и для всех, кто его знал.

И, наконец, последнее — на ту же тему. Я на протяжении нашего разговора неоднократно упоминал многих своих друзей, коллег, товарищей по работе, которых, увы, уже нет среди нас... Всем им я обязан несравненно большим, чем мог выразить словами, отвечая на Ваши вопросы. Пусть, однако, хотя бы то, что я сумел вспомнить и сказать, будет моей скромной данью их светлой памяти.

«Homo totiens moritur quotiens amittit suos»
*«Человек умирает столько раз,
сколько раз он теряет близких»*



ON 50 YEARS OF THE COSMIC ERA: SHORT OVERVIEW

Boris Rabinovich

*Space Research Institute, Russian Academy of Science. Profsoyuznaya
Str. 84/32. Moscow, Russia*

Email: vprokhor@iki.rssi.ru

**7th International Symposium Reducing the Costs of Spacecraft
Ground Systems and Operations (RCSGSO)**

11–15 June 2007. Moscow, Russia

ABSTRACT

The 50th Anniversary of the Cosmic Era is not so far away... This is a good time to remember the pioneers of space research and to list the most relevant historical events: «*Sputnik*», the first artificial satellite of the Earth; *Yuri Gagarin*, the first man who circled the Earth in space; *Neil Armstrong* and *Edvin Aldrin*, who were the first to land on the Moon, *Sergei Korolev* and *Wernher von Braun*, the chief designers of rocket-carriers «*Vostok*» and *Saturn-5*; *Pavel Eliasberg* and *Dmitry Okhotsimsky*, the authors of a fundamental treatise on applied celestial mechanics. I would also like to briefly describe certain problems of the dynamics and stability of the liquid-fueled rockets and the history of their solution.

1. INTRODUCTION

It was a long and difficult journey, full of great achievements and serious obstacles. My personal role in the great space odyssey was quite modest. In any case, I value my lucky fate for the opportunity to work as an engineer-investigator in the Soviet rocket industry beginning with the first national ballistic rocket *R-1* (a «Chinese (very close) copy» of the German rocket *A-4* or *V-2*) to the super heavy rocket-carrier *N-1* designed for the Soviet Moon program. I can recall many dramatic episodes related to these projects. However, let me start with some prehistory.

2. THE PIONEERS OF THE SPACE AGE

The first scientific investigation of the possibility of space flights was published about 100 years ago. I am referring to the well-known

paper of the famous Russian scientist *Konstantin Tsiolkovsky* (1903). This book was regarded by his contemporaries as a fairy tale. However, 50 years later, in October of 1957, *Tsiolkovsky's* dream became a reality: «*Sputnik*», the first artificial Earth satellite was launched in the Soviet Union and four years later the first man, the USSR citizen *Yuri Gagarin*, completed a circle around the Earth on the spacecraft «*Vostok*». The *Magellan's* expedition around the Earth started on 20 September 1519 and lasted for three years. *Yuri Gagarin* made his circle in 90 minutes... The chief designer of the rocket-carrier «*Vostok*» was *Sergei Korolev*, while the designer of the main rocket engines was *Valentin Glushko*, both of them veterans of the Soviet rocket science and engineering.

A few years after the *Tsiolkovsky's* book, *Hermann Oberth* (who worked later in Germany has published his own book about the same topic. It is interesting that *Oberth's* grandfather, *Fridrich Krasser*, told his friends in July 1869 that in a hundred years a man will land on the Moon, and exactly 100 years later, in July 1969, the Lunar module *Eagle* of the spacecraft *Appolo XI* delivered two astronauts to the Moon's surface, *Neil A. Armstrong* and *Edvin A. Aldrin* (the third crew member *Michael Collins* was waiting for his comrades in the Moon's orbit.

The *Krasser's* grandson, *Hermann Oberth*, was invited to Cape Canaveral to witness this historical event. We all know the first words of *Neil Armstrong* on the Moon surface: «*It is one small step for a man, but one giant leap for mankind*». However, it is not as well known that *Neil Armstrong*, in addition to various scientific equipment, has also delivered to the Moon the memorial medals with the names of Soviet cosmonauts *Yuri Gagarin* and *Vladimir Komarov* and of American astronauts *Edward H. White*, *Virgil I. Grissom* and *Roger B. Chaffee*, the victims of the Human ambition in space.

Let us now consider certain aspects of the history. I have to mention the names of some pioneers of the space flight science: *Fridrich Tsander*, *Ary Sternfeld*, *Yuri Kondratyuk* and *Mikhail Tikhonravov* in the USSR; *Robert Goddard* in the USA, *Max Valier* in Germany, and *Rober Eno-Peltry* in France. I can mention the book of one of these pioneers, *Max Valier*, which was printed in the year of 1924. It is symbolic that the spacecraft depicted on the cover of this book is laying a way to *Saturn* for the *Cassini-Huygens mission*.

3. WERNHER VON BRAUN, EUGEN SÄNGER AND SERGEI KOROLEV

During the Second World War, the center of the jet propulsion technology was transferred to Hitler's Germany. The principal figures in that field were *Wernher von Braun* and *Eugen Sänger*.

Wernher von Braun is well known as the chief designer of the ballistic rocket *A-4 (V-2)* with the liquid propellant engine (thrust

25 Tf, initial mass 12 T, range 270 km). After the war he began to work in the USA, creating the giant rocket-carrier *Saturn 5* which was the key element of the American «*Saturn – Apollo*» program of transporting astronauts to the Moon and back to the Earth.

Eugen Sänger's work during the war was related to the *long-range rocket bomber*. His idea was to create a hypersonic plane with an initial mass of approximately 100 T. He planned to equip this plane with a liquid-fuel engine of thrust equal to 100 Tf. The active part of the flight path was designed to be about the same as of an ordinary airplane, and then the bomber was supposed to accelerate to a speed of 4.5 km/s.

During the passive stage of its flight, the bomber was supposed to make a circle around the Earth using the lift force of its wings, like a glider, and then land like a plane near its launch location. In the middle of its passive path, when above the city of New York, it was expected to release a 5-ton bomb.

After the Second World War *Eugen Sänger* has continued working in Germany in the field of space research. By the way, the European project of a two-stage space plane, created recently has a name «*Eugen Sänger*».

I have to tell a few words about the miracle that is known as «*Sputnik*». *Sergei Korolev*, an outstanding engineer and scientist, has played a major role in this project. Albeit this problem was solved with the help of thousands of people, he was certainly the leader of the team. The rocket-carrier for «*Sputnik*» was created as an improvement of the *Korolev's* intercontinental ballistic rocket *R-7*. The design of this carrier was so good that its somewhat modified successor is still «on duty» to this day.

4. PAVEL ELIASBERG AND DMITRI OKHOTSIMSKY

Creation of this huge liquid-fuel rocket was closely related to solutions of many new scientific and engineering problems. One of such problems was the development of a new foundation for ballistic and dynamic investigations. Two outstanding Soviet scientists, *Pavel Eliasberg* and *Dmitry Okhotsimsky* had played key roles in the ballistic research. In fact, together with their talented collaborators, they developed the fundamentals of two new sciences: applied celestial mechanics and experimental ballistics.

Pavel Eliasberg was a friend of mine and I have to emphasize that he was not only a great scientist but also a very wise and intelligent man. I would like to tell that he was a founder of the Department of Space Flight Theory at the Space Research Institute. His apprentice and follower, *Ravil Nasirov*, is now the head of this department.

Dmitry Okhotsimsky was for many years the head of a similar department at the Institute of Applied Mechanics, headed by *Mstislav*

Keldysh (the long-term president of the USSR Academy of Sciences). Many well-known Soviet specialists in the field of applied celestial mechanics have worked in this department under the *Okhotsimsky's* leadership. They include *Efrain Akim*, *Vladimir Beletsky*, *Vsevolod Egorov*, *Mikhail Lidov*, *Alexander Platonov*.

5. THE FUEL SLOSHING IN THE MOVING TANKS AND POGO PROBLEMS

I will now provide a short description of two problems related to my professional activity: (1) sloshing of the fuel in moving tanks and its influence on rocket dynamics and stability, and (2) the so called POGO problem. Both problems were of vital importance for the dynamics and stability of all liquid-fuel rockets and spacecraft.

The first problem came up during test flights of the *R-1* rocket. We detected in the telemetry tapes significant vibrations of the frame and of the attitude control system, with the frequency matching the eigenfrequency of the liquid in the rocket fuel tanks. As was identified later, this instability of the more advanced ballistic rockets and rocket-carriers was caused by this type of oscillations. Investigation of this problem required a lot of effort and work. The theoretical study was mainly carried out by *Georgy Narimanov* (who later became the Vice-Director of the Space Research Institute) and *Boris Rabinovich* (presenting this review), while the experiments were mostly done by *Gennady Mikishev*.

Mikishev was actually the one who has discovered the method to overcome this problem by installing special radial damping ribs inside the tanks. These ribs were found to be an effective tool, transforming the energy of liquid oscillations into powerful vortices, thus helping to eliminate the instability mentioned above. Such ribs were subsequently used on all Soviet-made liquid-fuel rockets. An almost identical solution was also found in the USA by *John Miles*, who proposed the ring-shape damping ribs that were later used in all three stages of the rocket-carrier *Saturn 5*.

Another serious dynamical problem, which became apparent in the USSR and USA during the test flights of heavy liquid rockets, was the POGO problem. It manifested itself in a form of unstable longitudinal vibrations of the rocket frame, in liquid-fuel components in pipe lines, and in the thrust of the main engines.

The frequency of these vibrations coincided with the eigenfrequency of longitudinal oscillations of the frame. In particular, these vibrations were observed during the final stage of the active flight of the rockets *R-7* (USSR), *Titan 2* and *Saturn 5* (USA). Some of the accidents with *R-7* rockets were fatal and the rockets were completely destroyed.

This problem has turned out to be very complicated. It was finally solved in the USSR, as well as in the USA, by using specific devices of the hydro-accumulator type which reduced the eigenfrequency of the liquid in the pipelines. These devices have reduced the feedback in the closed system: rocket's frame — liquid in the tanks and pipelines — engines thrust, thus overcoming the initial instability.

CONCLUSION

I will now present an idea «*Although the last not least*». Our main goal is certainly to improve the common methods of the space flight technology. However, we are now also working on fundamentally new methods of the space flight. I am referring to the different hawser and sling systems, cosmic elevators, and so on. I sincerely hope that these new methods will be fruitful and highly productive.

ACKNOWLEDGEMENTS

The reviewer is thankful to Alexander Rabinovich, Institute Ocean Sciences Russian Academy of Sciences, and Josef Cherniavsky, Institute Ocean Sciences, Sidney, BC, Canada, who edited the review, and to Victoria Prokhorenko, Space Research Institute Russian Academy of Sciences, Moscow, for getting up the review handsomely.

МАТЕРИАЛЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К КНИГЕ

А.Д. Брусиловский

От Р-1 до Н-1

ВОСПОМИНАНИЯ И РАЗМЫШЛЕНИЯ

БЕСЕДЫ С ПРОФЕССОРОМ БОРИСОМ РАБИНОВИЧЕМ

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ
ПРОФЕССОРА Б. И. РАБИНОВИЧА

1. *Рабинович Б.И.* Вариационные режимы полета крылатых летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1966. 182 с.
2. *Микишев Г.Н., Рабинович Б.И.* Динамика твердого тела с полостями, частично заполненными жидкостью. М.: Машиностроение, 1968. 532 с.
3. *Микишев Г.Н., Рабинович Б.И.* Динамика тонкостенных конструкций с отсеками, содержащими жидкость. М.: Машиностроение, 1971. 563 с.
4. *Рабинович Б.И.* Введение в динамику ракет-носителей космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1975. 416 с.
5. *Рабинович Б.И.* Прикладные задачи устойчивости стабилизированных объектов. М.: Машиностроение, 1978. 232 с.
6. *Рабинович Б.И.* Колебания элементов с полостями, содержащими жидкость: Справочник. Вибрации в технике. Т. 3. Гл. IV. 1980. С. 61–90.
7. *Рабинович Б.И.* Введение в динамику ракет-носителей космических аппаратов. 2-е изд., перераб. М.: Машиностроение, 1983. 297 с.
8. *Рабинович Б.И., Лебедев В.Г., Мытарев А.И.* Вихревые процессы и динамика твердого тела. Задачи динамики космических аппаратов и систем на магнитной подвеске. М.: Наука (Физматгиз), 1992. 294 с.
9. *Rabinovich Boris I., Lebedev Valeryi G., Mytarev Alexander I.* **Vortex Processes and Solid Body Dynamics. The Dynamic Problems of Spacecraft and Magnetic Levitation Systems.** Kluwer Academic Publishers Dordrecht. Boston; London, 1994. 296 p.
10. *Рабинович Б.И., Тюрин Ю.В.* Численное конформное отображение в гидродинамике. Проблемы механики жидкости, электродинамики и теории упругости. М.: ИКИ РАН, 2000. 312 с. (на англ.).

LIST OF MAIN PUBLICATIONS OF PROFESSOR B. I. RABINOVICH

1. *Variational Flight Regimes of the Winged Vehicles*. M.: Mashinostroyeniye, 1960. 182 p. (in Russian).
2. *Dynamics of a Solid Body with Liquid* (co-author G. Mikishev). M.: Mashinostroyeniye, 1968. 532 p. (in Russian).
3. *Dynamics of Thin-Walled Structures with Liquid-filled Tanks* (co-author G. Mikishev). M.: Mashinostroyeniye, 1971. 563 p. (in Russian).
4. *Introduction to Spacecraft Carrier Dynamics*. M.: Mashinostroyeniye, 1975. 416 p. (in Russian).
5. *Applied Problems of Automatically Controlled Vehicles Stability*. M.: Mashinostroyeniye, 1978. 232 p. (in Russian).
6. *Vibrations in Engineering. Reference Book*. V. 3. Ch. 4. M.: Mashinostroyeniye, 1980. P. 61–90 (in Russian).
7. *Introduction to Spacecraft Carrier Dynamics*. 2nd revised edition. M.: Mashinostroyeniye, 1983. 296 p. (in Russian).
8. *Vortex Processes and Solid Body Dynamics. The Dynamics Problems of the Spacecraft and Maglev Systems* (co-authors V. Lebedev, A. Mytarev). M.: Nauka (Fizmatgiz), 1992. (in Russian).
9. *Vortex Processes and Solid Body Dynamics. Spacecraft and Magnetic Levitation Systems Dynamic Problems* (co-authors V. Lebedev, A. Mytarev), Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1994. 308 p. (English revised edition).
10. *Numerical Conformal Mapping in Hydrodynamics. The Problems of Fluid Mechanics, Electrodynamics and Elasticity Theory* (co-author Yu. V. Tyurin). M.: Space Research Institute of Russian Academy of Sciences, 2000, 312 p.

CURRICULUM VITAE

Name: Boris I. Rabinovich
Birth.: June 23, 1924, Moscow Russia
Citizenship: Russia
Business address: Space Research Institute, Russian Academy of Science. Profsoyuznaya Str. 84/32. Moscow, Russia.
E-mail: vprokhorenko@mail.ru
Home address: Dnepropetrovskaya 39-1, Apt. 248, Moscow
113570, RUSSIA
Phone: (7-095)-313-5645
Fax: (7-095)-313-5645
Languages: Russian (native)
German, English

- Education:* Graduated from Joukowski Air Force Military Engineering Academy, Moscow, in 1948
Candidate Science (Ph. D) in 1952
Doctor Science (Eng.) in 1961
Professor in 1963
- D. Sci. Thesis:* Dynamics of Rocket Carriers and Spacecraft taking into consideration the liquid sloshing in the tanks and structural elasticity
- Employment:* Chief scientist, Space Research Institute of Russian Academy of Sciences
1993 till now:
1974–1993: Head, Department of Dynamics, Control and Mathematical Simulation, Research-Production Association Hydrotruboprovod, Moscow
Additionally 1987–1993: Professor of Moscow Railway Engineering Institute (Maglev systems dynamics and control), Moscow
Additionally 1991: Invited Professor of Politecnico di Milano, Italy
- 1960–1974:* Head, Dynamics Laboratory, Central Institute of Mechanical Engineering, Moscow
Additionally: Professor, Moscow Physical Technical Institute (Rocket Carrier and Spacecraft dynamics)
- 1942–1960:* USSR Military Air Forces
Points of interest: Continuum dynamics (Fluid dynamics. Electrodynamics, Theory of elasticity). Solid body/ Spacecraft and Maglev systems dynamics and control, Liquid sloshing. Mathematical simulation. Eigenvalue problems, Numerical methods of mathematical physics.
- Professional activity:* Member of the Editorial Board «Mashinostroyeniye» Publ. House, Moscow, Member of the Planetary Society, Pasadena, CA, USA.
- Publications:* Author and co-author of 10 monographs and more than 150 papers

К ЧИТАТЕЛЯМ ЭТОЙ КНИГИ

10 августа 1962 года я, дипломник ракетного факультета МВТУ им. Баумана, очутился в Подлипках перед проходной НИИ-88 с целью уточнения условий прохождения мною преддипломной практики. В качестве первого официального представителя института передо мной предстал сравнительно молодой

человек спортивного вида, мгновенно приковывавший к себе внимание. Так состоялась моя первая встреча с Борисом Исааковичем Рабиновичем. А уже через несколько дней я попал в его сектор, сразу же поразивший меня напряженным ритмом умело организованной творческой деятельности, и не расставался с Б. И. вплоть до последнего дня его пребывания в ЦНИИМаш. Сегодня, оглядываясь на мозаику картин 30-летней давности, я с полным основанием могу утверждать: то были лучшие годы и в истории нашего отдела, и лично в моей жизни. Во многом это заслуга Б. И. Рабиновича. А здоровый психологический климат внутри коллектива, созданный им, сохранился и по сей день. Переход Бориса Исааковича в 1974 году в другую организацию оказался невосполнимой потерей и для подразделения, которым он руководил, и для отдела в целом.

В 1997 году в ЦНИИМаш отмечалось 40-летие отдела динамики, хорошо известного в отрасли. В специальном выпуске научно-технического журнала института «Космонавтика и ракетостроение» (№ 10, 1997) было помещено интервью Б. И. «Пока живу, надеюсь...», которое он дал мне в связи с этим событием. А спустя какое-то время он рассказал мне, что, перебирая свои архивы, случайно обнаружил давнюю (1955) газету Южно-Уральского военного округа «Боевое Знамя» со статьей «К. Э. Циолковский (к 20-летию со дня смерти)», подписанной преподавателем 1-го Чкаловского военного авиационного училища, кандидатом технических наук Б. Рабиновичем.

Это оживило далекое прошлое и стало тем первым импульсом, который в конечном счете привел к появлению предлагаемой вниманию читателей книги. Работа над ней предоставила мне возможность творческого общения с этим талантливым человеком, за что я благодарен судьбе. Считаю своим приятным долгом выразить признательность Борису Васильевичу Могильному, внимательно прочитавшему рукопись, за его полезные замечания, а также Владимиру Николаевичу Кирпиченко за неоценимую помощь в подготовке электронной версии книги. Я признателен Наталье Ивановне Таруниной за большую помощь в оформлении рукописи.

Александр Брусиловский

ПРЕДИСЛОВИЕ

Я рад возможности представить читателям эту книгу, жанр которой требует комментариев.

Она написана в оригинальной манере. Это — не интервью, не биографический очерк, не историческая хроника отечественной ракетно-космической техники. Это — нечто, не имеющее

четкого определения, но глубоко связанное с индивидуальностью героя повествования: известного специалиста в области динамики ракет и космических аппаратов, весьма разностороннего, остроумного и наблюдательного человека — профессора Бориса Исааковича Рабиновича. Выбранный способ изложения позволяет читателю познакомиться как с самим автором (будем так условно называть Бориса Исааковича), так и со многими мало известными эпизодами — интересными фрагментами космической летописи, иллюстрирующими эволюционный процесс в отечественной ракетно-космической технике (РКТ), от первой баллистической ракеты Р-1 до сверхмощной ракеты-носителя Н-1 и многоразовой ракетно-космической системы «Энергия – Буран».

Ответы Бориса Исааковича на умело поставленные вопросы порой выливаются в самостоятельные маленькие новеллы, касающиеся конкретных событий и личностей. Такой жанр имеет право на существование, и появление подобной книги можно только приветствовать.

Сам автор мне хорошо знаком, хотя раньше судьба свела меня с его отцом — членом-корреспондентом АН СССР, профессором Исааком Моисеевичем Рабиновичем, одним из основателей отечественной школы строительной механики.

Первая наша встреча с Борисом Исааковичем состоялась более 40 лет назад в Киеве, в Институте математики АН УССР, где я в то время довольно часто бывал наездами в качестве заведующего одного из отделов. Борис Исаакович принимал активное участие в работах Института, выполнявшихся совместно с Днепропетровским ОКБ-586 (Главным конструктором которого был Михаил Кузьмич Янгель), связанных с динамикой ракеты Р-12.

В последующие годы, когда Борис Исаакович перешел на работу в НИИ-88, мы довольно часто встречались с ним в процессе отработки различных объектов РКТ.

Общаясь с Борисом Исааковичем, я всегда отмечал его способность эффективно использовать всю мощь механико-математического аппарата, которым он отлично владел, для решения сложных практических инженерных задач, возникавших при разработке и испытаниях объектов РКТ.

Многие из его работ я сам представлял к публикации в периодических изданиях АН СССР и в издательстве «Машиностроение». Некоторые из опубликованных им монографий (например, Введение в динамику ракет-носителей космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1975; 2-е изд. — 1983) стали настольными книгами для инженеров и научных работников, специализирующихся в области РКТ.

Всеми этими исследованиями Борис Исаакович создал себе прочную репутацию профессионала высокого уровня.

В представляемой читателю книге раскрываются некоторые детали творческого процесса, связанного с созданием сложных объектов РКТ, активным участником которых был он сам и руководимый им коллектив. Форма книги позволяет любознательному читателю проникнуть в тонкий механизм протекания этих процессов со всеми взлетами и падениями, которые подстерегают исследователя на этом пути.

В книге отведено большое место ярким фигурам, прочно вписавшим свое имя в историю отечественной ракетной и авиационной техники, — друзьям и коллегам автора. Читатель может увидеть их с совершенно неожиданной стороны. Автор при этом остается всегда корректным и доброжелательным.

Говоря о достижениях коллектива, Борис Исаакович предпочитает обращать внимание на деятельность отдельных участников работ, лишь вскользь упоминая о себе.

Книга насыщена по содержанию, в чем немалая заслуга Александра Давидовича Брусиловского, снабжена интересным иллюстративным материалом. Она написана живым литературным языком, ярко и образно, и, по моему глубокому убеждению, найдет путь как к умам, так и к сердцам ее будущих читателей. Борис Исаакович говорил мне не раз, что является моим учеником. Если он так думает, то таким учеником я могу гордиться.

Академик А. Ю. Ишлинский

ВМЕСТО ПОСЛЕСЛОВИЯ

Возможностью держать в руках эту книжку читатель обязан не мне, а Александру Давидовичу Брусиловскому. Именно он сумел довести до конца задуманную им акцию, преодолевая мое вялое сопротивление и упорное нежелание возвращаться к делам давно минувших дней. Вместе со мной он выработал общую концепцию и основную канву наших «Бесед», сформулировал тщательно выверенные вопросы, предоставившие мне широкие возможности для обращения к прошлому с позиций сегодняшнего дня. Безусловно, ему помогла тренировка, полученная в ходе личного общения с такими незаурядными личностями, оставившими глубокий след в истории отечественной РКТ, как Ю. А. Мозжорин, В. Ф. Уткин, Б. В. Раушенбах, Б. Е. Черток, М. Л. Галлай, А. В. Кармишин, Н. А. Анфимов...

Справедливость требует отметить, что эти его труды не остались незамеченными, о чем свидетельствует его популярность как внештатного научного корреспондента в таких серьезных изданиях как «Независимая газета», «Подмосковные изве-

стия», «Книжное обозрение», журналы «Авиарынок», «Aerospace Courier» и некоторые другие.

Читателям, лично незнакомым с Александром Брусиловским, хотел бы сообщить, что начинал он свое движение к «семи тысячникам» (увы, на территории бывшего Советского Союза вершины — «восьмитысячники» не встречаются) журналистики, двигаясь в совершенно противоположном направлении (как когда-то бравый солдат Швейк двигался к фронту).

Точкой старта можно считать его попадание в августе 1962 года в качестве дипломника машиностроительного (ракетного) факультета МВТУ им. Баумана не просто в НИИ-88, но в тот самый отдел, где как раз подходили к точке кипения динамические страсти, связанные с отдельными (не типичными) неудачами в нашей могучей ракетной технике.

Поток бурных событий стремительно нес Александра от защиты дипломной работы к активной практической деятельности, защите кандидатской диссертации (выполненной под моим научным руководством) и все дальше в неведомое. Время от времени ламинарный поток турбулентным, и Александр попадал в вихревые зоны. Однако он каждый раз благополучно преодолевал все сингулярные точки. Этому, конечно, основательно помогла профессиональная квалификация, которую Александр приобрел, изучая упругие деформации различных мудреных пространственных тонкостенных конструкций.

Апофеозом деятельности Александра Брусиловского на этом благородном поприще было активное участие в теоретических и экспериментальных исследованиях, связанных с разработкой уникальной многоразовой ракетно-космической системы «Энергия – Буран». И только поднявшись на эту вершину **“professional activity”**, Александр разглядел **вдали свою новую** цель — научно-техническую журналистику. И к этому «семи тысячнику» он устремился, успешно преодолевая попадавшие на этом пути более низкие вершины.

Надо отдать должное широте мышления начальника отдела Олега Павловича Клишева, который не только не препятствовал этим стремлениям Александра Давидовича (что было бы вполне естественным и понятным, учитывая высокую профессиональную подготовку последнего и востребованность, так сказать, в его родном жанре), но даже их поддержал.

Подведем итоги. Пока автор этих строк совершал долгую эволюцию от военного человека к ученому, работающему в промышленности, а затем — в различных вузах и ИКИ РАН, Александр Давидович шел своим путем, оставаясь все в одном и том же отделе, менявшем номер, но не сущность. И вот наши пути, которые пересеклись когда-то и какое-то время шли параллель-

но, а потом разошлись, теперь сошлись снова. Здесь, вероятно, уместно вспомнить знаменитую теорему Пуанкаре, которая формулируется так:

— Пусть движение системы а) консервативно, б) ограничено по фазовым переменным. Тогда система из большинства исходных состояний по прошествии достаточно большого времени возвращается в положение, сколь угодно близкое к исходному.

И вот результат: этот печатный труд, представляемый на суд читателей.

Профессор Б. И. Рабинович

ИЗ ОТЗЫВОВ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ КНИГИ

А. Д. Брусиловский

От Р-1 до Н-1

ВОСПОМИНАНИЯ И РАЗМЫШЛЕНИЯ

БЕСЕДЫ С ПРОФЕССОРОМ БОРИСОМ РАБИНОВИЧЕМ

НОВАЯ КНИГА О ТВОРЦАХ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ

В издательстве ЦНИИМаш только что вышла книга А. Д. Брусиловского «От Р-1 до Н-1. Беседы с профессором Борисом Рабиновичем: воспоминания и размышления».

Книга, которую предвворяет предисловие академика А. Ю. Ишлинского, относится к оригинальному жанру. Он может нравиться или нет, но его существование является объективной реальностью. Книга принадлежит, по существу, перу двух авторов. Один — задаёт умело сформулированные вопросы, выстраивая вполне определённую канву повествования, другой — даёт на них ответы. Некоторые вопросы поставлены в форме, предопределяющей краткие ответы, другие — подразумевают более длинные разъяснения инженерных аспектов проблемы, исторический очерк или своего рода эссе, посвященное тому или иному лицу из числа деятелей авиационной или ракетной техники.

В частности, Борис Исаакович вносит яркие штрихи в портреты выдающихся деятелей ракетно-космической отрасли — Георгия Александровича Тюлина, Юрия Александровича Мозжорина и Георгия Степановича Нариманова. Искусно включённые в текст подзаголовки позволяют читателю выделить то, что его больше интересует.

Перед авторами стояла нелёгкая задача. Их подстерегали две опасности: сбиться на чисто газетный жанр «вопросов и ответов», рассчитанных на широкую публику, или превратить книгу в некое подобие научно-технического отчета, интересного

лишь узкому кругу специалистов. Авторам удалось счастливо избежать обеих опасностей. Этому, по-видимому, способствовало следующее обстоятельство.

Один из соавторов, Б.И. Рабинович (23 июня с.г. отметивший своё 75-летие), является известным специалистом в РКТ, много лет проработавшим в этой области, в том числе полтора десятилетия в отделе динамики (начальник сектора, лаборатории) головного института ракетно-космической отрасли — НИИ-88 (ЦНИИМаш), и в то же время не чужд литературному жанру.

Другой, А.Д. Брусиловский (ведущий научный сотрудник ЦНИИМаш), бывший аспирант первого, длительное время работающий в той же области, в последние годы удачно сочетающий эту работу с научно-технической журналистикой (в прошлом году в издательстве ЦНИИМаш вышла его брошюра «Космическая одиссея Александра Кармишина» о яркой жизни одного из ведущих прочнистов отрасли, создателя центра исследований прочности ЦНИИМаш с уникальной экспериментальной базой).

Результат их совместной деятельности, выразившейся в появлении рецензируемой книги, безусловно следует считать успешным. Поскольку большая часть книги прямо или косвенно связана с работой обоих авторов в ЦНИИМаш, к которому я имею прямое отношение, для меня особый интерес представляют соответствующие разделы, связанные с этим Институтом. Должен констатировать, что авторы затронули в своём повествовании также ряд общечеловеческих проблем и исторических событий.

Умелое сочетание обоих этих направлений делает, на мой взгляд, книгу интересной как для специалистов, которые найдут в ней некоторые мало известные эпизоды истории становления и развития РКТ в нашей стране, так и широкому кругу читателей — неспециалистов, на которых рассчитан целый ряд коротких очерков «развлекательно-познавательного» характера.

Научный уровень книги (как, впрочем, и полиграфический) весьма высок. Написана она хорошим литературным языком. Её чтение доставило мне удовольствие, которое, надеюсь, разделят со мной и другие читатели.

*Н. А. Анфимов, академик РАН.
«Полет». 1999. № 5*

ПОЛЕЗНАЯ КНИГА

Исторические события, затрагивающие жизнь многих людей, часто находят отражение в мемуарной литературе. Осмысление пережитых лично явлений общественной жизни всегда

индивидуально, поэтому от автора воспоминаний зависит, будут ли они интересны его читателям. В недавно вышедшей книге А. Д. Брусиловского «От Р-1 до Н-1. Беседы с профессором Борисом Рабиновичем: воспоминания и размышления» (ЦНИИМаш, 1999 г.) изложены события, очевидцем и активным участником которых был известный специалист в области динамики ракет и космических аппаратов — профессор Борис Исаакович Рабинович. У книги имеются, по существу, два автора. Один — титульный, задающий вопросы своему бывшему учителю, и второй — автор воспоминаний, ответы которого часто выходят за тематику вопросов.

В книге описана история развития отечественной ракетно-космической техники (РКТ) от первой баллистической ракеты Р-1 до сверхтяжелой ракеты-носителя Н-1. Особенность книги заключается в том, что в ней все события рассматриваются главным образом под углом зрения проблемы устойчивости полёта. Это объясняется научными интересами автора воспоминаний. Профессор Б. И. Рабинович в течение многих лет занимается решением задач устойчивости движения летательных аппаратов с жидкостными ракетными двигателями, с учетом колебаний жидкого топлива в тонкостенных деформируемых баках. Указанная проблема интересовала многих отечественных и зарубежных ученых, столкнувшихся с ней при полётах первых реактивных самолётов с ЖРД, а затем при полётах различных типов ракет с жидкостными двигателями. Проблема была очень сложной и комплексной, однако её решение долгое время искалось и находилось лишь на основе простых математических моделей. В книге подробно описываются поиски решения задачи для более сложных объектов РКТ.

Автор воспоминаний (Б. И.) с благодарностью отмечает вклад своих учителей и коллег — выдающихся советских ученых и организаторов науки, работавших вместе с ним в авиационной промышленности, институтах Академии наук и Министерства обороны, а также вклад своих коллег по работе в НИИ-88 (ЦНИИМаш), среди которых было немало его учеников. Подробное описание коллективной и личной научной деятельности в рамках названной проблемы не мешало Б. И. отмечать многое из того, что происходило вокруг. Интересны его наблюдения и замечания о роли влиятельных лиц того времени, с которыми ему приходилось встречаться и работать, в развитии отечественной РКТ. Характеристики, даваемые Б. И., всегда корректны и отражают его личные впечатления. В книге описаны, хотя и в сжатом виде, работы автора после его перехода в 1974 г. из ЦНИИМаш в другую отрасль, где он занялся расчетами устойчивости движения скоростного транспорта на магнитном подвесе.

Автор объясняет свой новый интерес высокой степенью ответственности многих научных вопросов, встречавшихся прежде и возникших на новой работе. Например, оказалось, что вихревые поля в магнитопроводах электромагнитов системы левитации скоростного поезда идентичны в математическом смысле полям скоростей в вихревых зонах, возникающих вблизи силовых элементов и демпферов внутри баков ракеты.

Для широкого круга читателей будут интересны воспоминания о поездках Б. И. в другие страны, где он встречался с зарубежными учеными и посещал местные научные центры и тематические выставки. Эти посещения и знакомства позволили сравнить условия, в которых работают российские и иностранные ученые. Отмечая глубину и широту знаний отечественных исследователей, автор с горечью констатирует пагубные последствия для развития в нашей стране передовой науки и техники резкого сокращения соответствующих ассигнований.

Читатель находит объяснение длительной и продуктивной работе автора, знакомясь со страницами книги, где он пишет об атмосфере, в которой проходили годы его учебы и становления как специалиста, а также о своем длительном спортивном увлечении подводным плаванием, позволившем сохранить хорошее здоровье, необходимое для высокой работоспособности. Книга написана хорошим литературным языком, в ней много остроумных замечаний и интересных отступлений, она легко читается, иллюстрирована многими фотографиями и рисунками и, по моему мнению, доставит удовольствие всем, кто с ней ознакомится. Надеюсь, что она окажется интересной для ветеранов РКТ, которые найдут в ней некоторые новые страницы из истории отечественной техники, а также полезной для молодёжи, которая сможет убедиться на примере творческой жизни одного человека, как многого можно добиться, занимаясь фундаментальными исследованиями и руководствуясь не только сиюминутными интересами, но и долговременной серьёзной перспективой.

В заключение необходимо отметить роль Александра Брусилковского, работающего в ЦНИИМаш и названного выше «титularным» автором. Его роль в выходе в свет книги трудно переоценить. Именно он, обладая опытом инициирования мемуаров ученых, работающих в РКТ, но не склонных к литературному творчеству, предложил идею выпуска рецензируемой книги. Читатели могут убедиться, что эта идея оказалась плодотворной.

Д. Л. Быков, профессор.
«Калининградская правда», 17 августа 1999 года

ОТЗЫВ О ВТОРОМ ИЗДАНИИ КНИГИ

А. Д. Брусиловский

От Р-1 до Н-1

ВОСПОМИНАНИЯ И РАЗМЫШЛЕНИЯ

БЕСЕДЫ С ПРОФЕССОРОМ БОРИСОМ РАБИНОВИЧЕМ

ВПК

№ 33 (170)
7-13 сентября 2005 года
выходит на среду

ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ КУРСЬ **ВПК**

Брусиловский А. Д. "От Р-1 до Н-1. Беседы с профессором Борисом Рабиновичем: воспоминания и размышления". (Изд-е 2-е, исправл. и доп.) – Коллеж, М. О.: ЦНИИМаш, 2005. – 240 с., ил.

Вадим УДМАНЦЕВ

Читатели в отзыхах еще на предыдущее издание книги прежде всего обращали внимание на ее жанр. Так, академик А. Ю. Ишлинский в предисловии писал следующее: "Это не интервью, не биографический очерк, не историческая

В главе "НИИ-88" Рабинович подробно рассказывает, с какими наиболее острыми проблемами пришлось столкнуться возглавляемому им коллективу в ходе разработки сверхтяжелой ракетно-носителя РН Н-1. Содержание текста дополняют соответствующие графические схемы и таблицы, чертежи, фотографии образцов отечественной и зарубежной



ИСКРЕННИЙ ВКЛАД

хроника отечественной ракетно-космической техники... Ответы Бориса Исааковича на умело поставленные вопросы порой выливаются в самостоятельные маленькие новеллы, касающиеся конкретных событий и личностей". "У книги имеются, по существу, два автора. Один – титульный, задающий вопросы своему бывшему учителю, и второй – автор воспоминаний, ответы которого часто выходят за тематику вопросов", – отзывался о "Беседах..." другой внимательный критик – профессор Д. Л. Быков. А вот мнение еще одного академика – Н. А. Анфимова: "Перед авторами стояла не легкая задача. Их подстерегали две опасности: сблизиться на чисто газетный жанр "вопросов и ответов", рассчитанных на широкую публику, или превратить книгу в некое подобие научно-технического отчета, интересного лишь узкому кругу специалистов. Авторам удалось счастливо избежать обеих опасностей".

В узких научных кругах доктор технических наук Борис Рабинович известен как опытный специалист, многие годы занимавшийся решением задач устойчивости движения летательных аппаратов с жидкостными ракетными двигателями (с учетом колебаний жидкого топлива в тонкостенных деформируемых баках),

техники, а также конкретных людей, двигавших вперед советскую науку – знакомство со всеми этими материалами позволит читателю лучше представить колоссальный объем того труда, который в свое время проделали ученые НИИ-88 ради достижения необходимых рабочих параметров ракеты Н-1.

Повествуя о том, каким образом специалистам все же удавалось находить приемлемые проектные решения, Рабинович не обошел вниманием и такую важную составляющую работы, как преодоление в 60-х гг. информационного вакуума.

Рабинович размышляет, какие перспективы сулил так и не доработанный до конца проект РН Н-1, в результате чего в Советском Союзе так и не претворили в жизнь собственный "лунный проект" – программу пилотируемых полетов на Луну. По его мнению, одновременно существование таких учреждений, как НИИ-4 и НИИ-88 было не только вполне оправдано, но и целесообразно. Если на первом этапе их деятельности "наблюдался известный параллелизм", то в дальнейшем НИИ-88 приобрел статус головного института отрасли по разработке объектов РКТ, а НИИ-4 сыграл выдающуюся роль в создании

командно-измерительного комплекса.

Поскольку многие исследования НИИ-88 (ЦНИИМаша) впоследствии успешно использовались при создании комплекса "Энергия-Буран", Рабинович с грустью рассуждает о невосторгованности еще одной уникальной отечественной разработки, с помощью которой могла бы надежно функционировать транспортная система Земля – Космос много-разового действия.

Не меньший интерес как для специалистов ракетно-космической отрасли, так и далеких от этой сферы читателей представляют очерки "развлекательно-познавательного" характера. Например, Игорь Александрович Эрлих – известный авиаконструктор и заместитель Н. А. Камова – в свое время предложил Сергею Павловичу Королеву реализовать проект "вертолетной", а не "самолетной" посадки космического аппарата. Предварительная договоренность о переходе Эрлиха в ОКБ-1 уже была достигнута и, подытожил свой рассказ об этом малоизвестном эпизоде Борис Рабинович, "кто знает, кем бы не трагическая смерть СП, может быть развитие техники управляемой посадки КА на Землю пошло бы по совсем другому пути..."

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
ГЛАВА 1. НАЧАЛО ПУТИ.....	7
ГЛАВА 2. НИИ-4 МО. ПЕРВЫЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ РАКЕТЫ Р-1 И Р-2.....	53
ГЛАВА 3. ПЕРВОЕ ЧВАУ, КВИАВУ, ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ АН УССР. НОВЫЕ ЖИДКОСТНЫЕ РАКЕТЫ И НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ	89
ГЛАВА 4. НИИ-88 (ЦНИИМаш). БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ РАКЕТЫ. РАКЕТЫ-НОСИТЕЛИ. КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ.....	107
ГЛАВА 5. НИИ-88 (ЦНИИМаш). РАКЕТА-НОСИТЕЛЬ Н-1 И ЕЕ АНАЛОГ «САТУРН-5»	187
ГЛАВА 6. НА НОВОМ ВИТКЕ. ОТ Н-1 К СИСТЕМЕ «ЭНЕРГИЯ – БУРАН».....	259
ГЛАВА 7. В СТРАНАХ ДАЛЕКИХ И БЛИЗКИХ	301
ГЛАВА 8. К ПЯТИДЕСЯТИЛЕТИЮ КОСМИЧЕСКОЙ ЭРЫ. О ПРОШЛОМ, НАСТОЯЩЕМ И БУДУЩЕМ РКТ	383
ГЛАВА 9. НЕМНОГО О РАЗНОМ. ВАНТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ. КОЛЬЦА ПЛАНЕТ И ПЛАНЕТНЫЕ СИСТЕМЫ	425
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	461
ПРИЛОЖЕНИЕ I.....	463
ПРИЛОЖЕНИЕ II	468

ПЕЧАТАЕТСЯ В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ
ИЛЛЮСТРАЦИИ В ТЕКСТЕ ПРЕДОСТАВЛЕНЫ АВТОРАМИ