

УДК 629.78

А. С. Коротеев

ГНЦ ФГУП «Исследовательский центр имени М. В. Келдыша»,
Московский физико-технический институт (государственный университет)

Новый этап развития ракетно-космической техники

Представлен прогноз развития отечественной космической техники и сформулированы задачи сотрудничества Физтеха с предприятиями отрасли.

Ключевые слова: космическая техника, ЯЭДУ, энергетическое совершенство, ЖРД, ГПВРД.

В этом году человечество отметило пятидесятилетие полёта Ю. А. Гагарина в космос. Это событие стало возможным благодаря бурному развитию ракетной техники в середине XX века. Прогресс был стремительным: от «любительских» запусков в начале 30-х годов до первого спутника в 1957 г. и полёта человека в 1961 году. Последовали ещё два десятилетия интенсивного развития. За короткий по историческим меркам период состоялись выход человека в открытый космос, высадка на Луну, начали функционировать орбитальные станции, автоматические аппараты достигли поверхности Марса и Венеры. В СССР были созданы три типа космических кораблей «Восток», «Восход» и «Союз», а затем и многоразовый корабль «Буран». Разработан целый ряд ракет-носителей и двигателей к ним с очень высокими характеристиками. Энергетическое совершенство и экономичность ракетного двигателя характеризуется удельной тягой. Это отношение создаваемой им тяги к массовому расходу топлива. Сегодня самый лучший жидкостный ракетный двигатель, использующий водород и кислород, даёт удельную тягу до 4700 м/с.

Вместе с прогрессом в космонавтике и ракетной технике развивались и факультеты МФТИ. На Аэромехе в 60–70-х годах XX века были созданы базовые кафедры в основных предприятиях ракетно-космической отрасли. При активном участии сотрудников и руководства Центра Келдыша (тогда НИИ-1) была создана первая факультетская кафедра физической механики. На кафедру физмеха было передано современное на тот момент оборудование, перешли на работу ряд ведущих сотрудников. Кафедра выполняла исследования в интересах конкретных проектов космической отрасли, одновременно обучая студентов, проводя лекционные, семинарские занятия, лабораторные работы на передовом, иногда уникальном оборудовании.

В последние десятилетия космонавтика и её достижения вошли в повседневную жизнь каждого человека и общества в целом. Основная часть телеканалов транслируется через спутники. Словосочетание «спутниковая антенна» стало обыденным во всех регионах нашей страны. Современный прогноз погоды просто невозможен без информации, круглосуточно передаваемой с метеоспутников. Дистанционное зондирование Земли, связь, глобальные навигационные системы используются практически во всех странах и позволяют экономить громадные финансовые ресурсы.

Огромен вклад космонавтики в обеспечение обороноспособности страны. Основа любой ПРО — система раннего предупреждения — невозможна без орбитальной группировки спутников. Освоение космоса внесло принципиальные изменения в сознание военнополитического руководства ведущих держав мира. Раньше лидеры считали, что они могут тайно проводить любые подготовительные военные и военно-технические операции на территории своей страны. В настоящее время благодаря постоянному наблюдению из космоса нельзя скрыть строительство не только аэродромов и укрепленных районов, но и ракетных шахт, проводить сосредоточение и внезапные операции с большим количеством бронетехники. Государственные границы стали прозрачными.

Чрезвычайно важна роль космонавтики в развитии фундаментальной науки. Достаточно привести пример использования космического телескопа «Хаббл». Размещение телескопа

в космосе дало возможность регистрировать электромагнитное излучение в диапазонах, в которых земная атмосфера непрозрачна; в первую очередь — в инфракрасном диапазоне. Благодаря отсутствию влияния атмосферы, разрешающая способность «Хаббл» в 7–10 раз больше, чем у аналогичного телескопа, расположенного на Земле. По результатам наблюдений квазаров получена современная космологическая модель, представляющая собой Вселенную, расширяющуюся с ускорением, заполненную тёмной энергией, и уточнённый возраст Вселенной — 13,7 млрд лет. В 1995 году с помощью телескопа «Хаббл» провели исследования ряда участков неба размером в одну тридцатимиллионную долю, содержащих несколько тысяч тусклых галактик. Сравнение результатов подтвердило гипотезу об изотропности Вселенной.

Одним из главных направлений совершенствования ракетной техники является повышение надёжности. В начальный период развития космонавтики большая часть пусков была аварийной. В частности, из 43 пусков ракет-носителей к Луне, Венере, Марсу и со спутниками связи «Молния-1» период с 1960 по 1966 только 12 были успешными [1]. Сейчас ситуация изменилась коренным образом. Количество неудачных пусков не превышает нескольких процентов. Каждая авария воспринимается как чрезвычайное происшествие, для расследования которого создаётся специальная межведомственная комиссия. Такое состояние дел является огромным достижением последних десятилетий.

Однако не все ожидания человечества были реализованы на практике. Не состоялся пилотируемый полет на Марс. Была свёрнута лунная программа. Сегодня космонавтика испытывает состояние, близкое к тому, в котором авиация оказалась после Второй мировой войны, когда стало ясно, что с поршневыми двигателями уже невозможно поднять скорость, заметно увеличить дальность, иметь экономически выгодную авиацию. В то время в авиации произошёл скачок, и от поршневых двигателей перешли к реактивным. Примерно та же ситуация сейчас в космической технике. Не хватает энергетического совершенства для решения глобальных задач. Современные космические транспортные средства очень неэкономичны. Масса полезной нагрузки (спутника, космического корабля, станции) составляет, в лучшем случае, 3% от массы ракеты, улетающей с Земли. Все остальное выбрасывается в виде сгоревшего топлива.

Нужны новые цели, новые ориентиры и новые идеи. Необходимо предложить, создать и воплотить в жизнь новые типы ракетных двигателей с принципиально более высокими характеристиками. Расчёты показывают, что не только для полётов к другим звёздам, но даже для пилотируемой экспедиции на Марс нужны иные двигатели, нежели традиционные ЖРД. Практически все студенты и преподаватели МФТИ читали фантастические романы. Как в них начинается полет ракеты или космического аппарата? Ровное гудение, голубое свечение и резкий уход со старта. Представляется правильным ориентироваться на такие «характеристики». Конечно, фотонные двигатели являются далёкой перспективой, но электрореактивные и ядерные установки вполне реальны и могут быть широко использованы в ближайшем будущем.

Применяя ядерные двигатели, можно увеличить удельную тягу примерно до 9 000 м/с, то есть в два раза. Использование ионизованного рабочего тела может привести к повышению энергетических характеристик в 20 раз до 90 000–100 000 м/с. Сегодня на спутниках при небольших тягах используются плазменные двигатели, которые дают удельную тягу порядка 16 000 м/с.

В 60–70-е годы и у нас, и в США были начаты работы по использованию ядерной энергии в космосе. Первоначально была поставлена задача создать ракетные двигатели, которые вместо химической энергии сгорания горючего и окислителя использовали бы нагрев водорода до температуры около 3000 градусов. Оказалось, что такой прямой путь неэффективен. На короткое время получаем большие тяги, но при этом выбрасываем струю, которая в случае нештатной работы реактора может оказаться радиоактивно заражённой. Несмотря на огромный объём работ, ни СССР, ни США не удалось тогда создать надёжных работающих двигателей, и в силу различных причин на какое-то время работы были

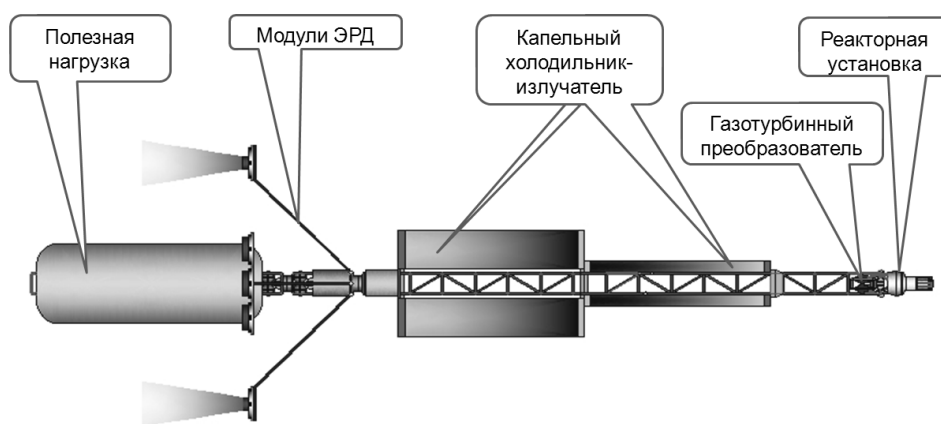


Рис. 1

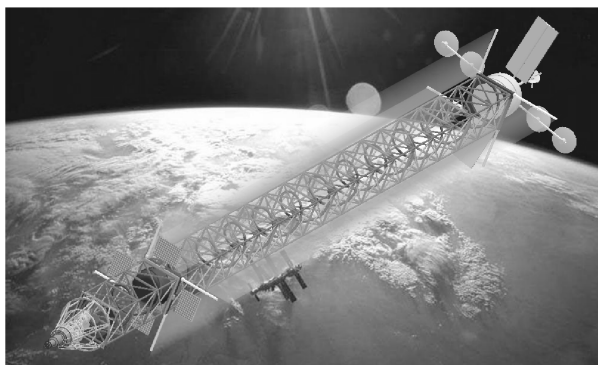


Рис. 2

приостановлены. В наши дни решено их возобновить, но на основе совершенно иного подхода. Этот подход отличается от старого тем же, чем отличается гибридный автомобиль от обычного автомобиля. В обычном автомобиле двигатель крутит колеса, а в гибридных автомобилях от двигателя вырабатывается электроэнергия, и это электричество крутит колеса. Создаётся промежуточная электростанция. Аналогично в предложенной схеме (рис. 1) ядерной энергодвигательной установки (ЯЭДУ) реакторная установка не нагревает струю, выбрасываемую из него, а вырабатывает электричество. Горячий газ от реактора вращает турбину. Турбина крутит электрогенератор и компрессор, который обеспечивает циркуляцию рабочего тела по замкнутому контуру. Генератор вырабатывает электричество для плазменного двигателя с удельной тягой до 20 раз выше, чем у химических двигателей.

Такой подход имеет ряд преимуществ, в первую очередь обусловленных тем, что мы фактически будем иметь дело с типовым атомным реактором, использующим рабочее тело по замкнутому циклу: выходящая из двигателя струя не будет радиоактивной и России не придётся втягиваться в какие-либо длинные тяжёлые международные переговоры. Кроме того, в этой схеме не надо нагревать водород. В реакторном контуре циркулирует инертное рабочее тело, которое нагревается до 1500 градусов.

В соответствии с президентской программой модернизации с 2010 года реализуется проект транспортно-энергетического модуля с ЯЭДУ (рис. 2). В 2012 году планируется завершить эскизный проект и обстоятельное компьютерное моделирование рабочего процесса. В 2015 году должна быть готова ядерная энергодвигательная установка. Лётные испытания транспортно-энергетического модуля с ЯЭДУ намечены на 2018 год.

Фаза компьютерного моделирования раньше не была характерна для создававшихся изделий космической техники, но сегодня она совершенно необходима. На примере двигателей, которые разрабатывались в России, Франции и США, стало ясно, что классический метод, когда делалось большое количество опытных экземпляров для испытаний, является

отжившим. Сегодня, когда возможности вычислительной техники очень высокие, особенно с появлением суперкомпьютеров, мы можем обеспечить физико-математическое моделирование процессов, создать виртуальный двигатель, проиграть возможные нештатные и аварийные ситуации, и только после этого идти на создание двигателя «в железе». При создании для американцев в КБ «Энергомаш» двигателя РД-180 для ракеты «Атлас» вместо 25–30 экземпляров, которые обычно уходили на отработку двигателя, понадобилось всего 8, и РД-180 сразу пошёл в серию.

В последнее десятилетие вновь возрос интерес к гиперзвуковым аппаратам с прямоточным воздушно-реактивным двигателем. Впервые ГПВРД и основные принципы его функционирования были предложены начальником отделения Центра Келдыша (тогда НИИ-1) в 1957 году. В 60–70-е годы выполнен большой объем экспериментальных исследований. Однако работы были приостановлены из-за технологических проблем, в основном из-за отсутствия материалов с необходимыми свойствами. Прогресс в материаловедении, создание композиционных материалов способствовали возрождению работ по ГПВРД на современном уровне. В качестве основных направлений применения таких двигателей рассматриваются многоразовые носители (воздушно-космический самолёт) и межконтинентальные перелёты. Основная особенность летательного аппарата с ГПВРД — необходимость тесной интеграции двигателя, воздухозаборника, корпуса и различных систем.

Весьма перспективным является применение ГПВРД и высокоскоростных ПВРД для создания образцов военной техники. В этом случае важнейшей проблемой становится преодоление систем противовоздушной и противоракетной обороны. Разработаны средства маскировки гиперзвуковых летательных аппаратов, работающих на больших высотах при сверхзвуковых скоростях полёта, с использованием искусственных плазменных образований. Обосновано их применение для эффективной защиты аппарата с большими эффективными поверхностями рассеивания при значительном расширении диапазона полётных условий. Задачи вязкой двухфазной газовой динамики, горения, теплообмена, теплового состояния и физики плазмы применительно к ГПВРД являются весьма сложными и, без сомнения, сопряжёнными — сродни проблеме создания термоядерного реактора. Так же, как и при создании ЯЭДУ, необходимо комплексное физико-математическое моделирование процессов в ГПВРД, интегрированном с летательным аппаратом.

Для реализации рассмотренных проектов нужны молодые и хорошо подготовленные кадры, которые могли бы не только перенять опыт старших поколений, но и уметь решать качественно новые задачи, стоящие перед отраслью. Назрела определённая модернизация модели Физтеха, направленная на повышение заинтересованности студентов профильных кафедр в решении новых ракетно-космических задач. Следует акцентировать внимание именно на повышении заинтересованности студентов, а не на механическом закрытии «некосмических» кафедр. Этого можно добиться, например, увеличив заказы со стороны ракетно-космических предприятий на проведение институтом научно-исследовательских работ. В рамках развития МФТИ как национального исследовательского университета на Физтехе создаётся уникальная современная инфраструктура для проведения фундаментальных и прикладных исследований. Сотрудники, аспиранты и студенты могут принять участие в разработке узлов микроспутников, в экспериментальной отработке новой техники, в моделировании физических процессов в ЯЭДУ и других перспективных двигателях, в создании соответствующего программного обеспечения.

Меньше чем через десять лет после создания Аэромеха в космос полетел первый человек — наш соотечественник Юрий Гагарин. В событие, имеющее поистине всемирно историческое значение, внесли свой вклад и выпускники Аэромеха. Нынешнее поколение сотрудников и выпускников Физтеха могут и должны укрепить ведущую роль нашей Родины в космосе.

Литература

1. *Черток Б.Е.* Ракеты и люди. Горячие дни холодной войны. — М.: Машиностроение, 1997.

Поступила в редакцию 27.10.2011