



# ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКИЙ КОРАБЛЬ

## ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКИЙ КОРАБЛЬ

**ПЕРВЫЙ ПРОЕКТ ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ С ГИПЕРЗВУКОВЫМ ПРЯМОТОЧНЫМ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ (1966 г., СОВЕТСКИЙ СОЮЗ)**

В 1957 году Евгением Сергеевичем Щетинковым была выдвинута и обоснована идея создания прямоточного двигателя со сжиганием горючего в сверхзвуковом потоке в камере сгорания — ГПВРД. Практически одновременно работы по изучению горения в сверхзвуковом потоке были начаты в США. Так началась история создания воздушно-космических кораблей, которые могут взлетать с обычных аэродромов, выходить в околоземное пространство и возвращаться обратно. Уже в 1966 г. в НИИ-1 МОМ (ныне Центр им. М. В. Келдыша), где в то время работал Е. С. Щетинков, был выполнен пионерный проект одноступенчатого воздушно-космического корабля с комбинированной силовой установкой, состоящей из жидкостного ракетного двигателя (ЖРД), прямоточного воздушно-реактивного двигателя (ПВРД) и ГПВРД, работающих на жидком водороде. Используя возможности комбинированной работы двигателей при разных числах Маха ( $M$ )\*, такая силовая установка выводит космический корабль из атмосферы на околоземную орбиту при  $M \approx 20$ , когда включаются два высотных ЖРД. Стартовый вес 150—250 тонн, полезная нагрузка 6—11 тонн

\* Число Маха представляет собой отношение скорости полета летательного аппарата к скорости звука

**Извечная мечта человечества — чтобы «люди летали как птицы» — к XXI веку сменилась на более соответствующую духу времени: «если бы самолеты летали как космические ракеты!»**

**С**оздание космических ракет стало одним из самых впечатляющих достижений человечества в прошедшем двадцатом веке. Благодаря им человеку удалось преодолеть земное притяжение и выйти в космическое пространство — освоить околоземные орбиты, осуществить полеты на Луну, запустить аппараты-зонды на другие планеты.

А можно ли создать самолеты, которые по скорости были бы сравнимы с ракетами? Ракеты выходят в космос, преодолевая толщу земной атмосферы благодаря сверхвысоким скоростям, достигающим первой космической\*. Современная авиация пока не преодолела барьер  $1/8$  первой космической. Максимальная скорость боевых реактивных самолетов лишь втрое превышает скорость звука (около 3500 км/час). Пассажирские авиалайнеры летают с дозвуковой скоростью (менее

\* Скорость, которую надо сообщить телу при запуске с какой-либо планеты, чтобы оно стало ее искусственным спутником, называют первой космической. Для искусственного спутника Земли, движущегося у самой ее поверхности,  $v_1 = 7,9$  км/с

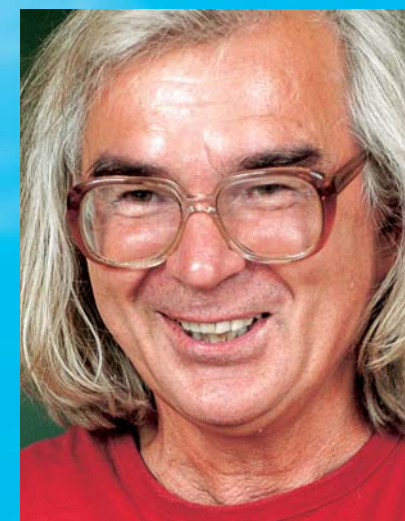
на стр. 131

# Реактивные самолеты будущего

В. М. ФОМИН, Ю. П. ГУНЬКО, И. И. МАЖУЛЬ



ФОМИН Василий Михайлович — член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, директор Института теоретической и прикладной механики СО РАН (г. Новосибирск)



ГУНЬКО Юрий Петрович — кандидат технических наук, зав. сектором Института теоретической и прикладной механики СО РАН (г. Новосибирск)



МАЖУЛЬ Игнатий Иванович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института теоретической и прикладной механики СО РАН (г. Новосибирск)

Фото ВКК (из отчета НИИ-1, 1966 г.)



## СПИРАЛЬ ▶

**Проект орбитального аппарата «СПИРАЛЬ» открыл историю практического создания авиационно-космических систем в России. Работы проводились в 1965—1978 гг. под руководством Г.Е. Лозино-Лозинского в ОКБ им. А.И. Микояна**

Эта многоуровневая двухступенчатая авиационно-космическая система включает в себя гиперзвуковой самолет-разгонщик, оснащенный турбореактивным двигателем, и орбитальный самолет — с ракетным ускорителем. Запуск орбитальной ступени должен происходить на высоте 24—30 км при скорости, в шесть раз превышающей скорость звука. После схода с околоземной орбиты и планирующего спуска в атмосфере орбитальный аппарат мог совершать посадку на обычный аэродром «по-самолетному», используя турбореактивный двигатель. Взлетная масса всей системы составляла 115 тонн, одноместный орбитальный самолет — 10 тонн

## NASP ▼

**Экспериментальный воздушно-космический самолет X-30 разрабатывался по программе «NASP» (National AeroSpace Plane — широкомасштабная национальная программа США по созданию гиперзвуковых и воздушно-космических самолетов, 1984—1994 гг.). Стартовая масса аппарата 90—135 т, длина 30—40 м**

X-30 должен был продемонстрировать достижения в области разработки ГПВРД и связанные с ними технологии непосредственно в реальном полете. В дальнейшем предполагалось использовать эти технологии для создания как военных, так и гражданских аппаратов, способных совершать длительные полеты в атмосфере на гиперзвуковых скоростях или выполнять роль носителей для доставки полезной

нагрузки на околоземные орбиты. Самолет X-30 планировали оснастить комбинированной силовой установкой, включающей ТРД, двухрежимный ПВРД (или ГПВРД) и ЖРД. Предполагалось, что при проведении летных испытаний X-30 будет стартовать с авиабазы, разогнаться до скорости, соответствующей  $M = 10$ , совершать крейсерский полет на высотах 24—46 км, выполнять разворот и возвращаться обратно. В рамках программы NASP рассматривалась возможность создания гиперзвукового пассажирского самолета «Orient Express», рассчитанного на 200—300 пассажиров для полетов на межконтинентальных маршрутах длиной 9000—13000 км. «Orient Express» мог бы преодолевать расстояние Нью-Йорк — Париж за 2 часа, Вашингтон — Токио за 3 часа. Время полета сверхзвукового «Concorde» от Нью-Йорка до Парижа составляло около 3 часов

## Ту-2000 ▲

**Ту-2000 — одноступенчатый многоуровневый воздушно-космический самолет (ВКС). Техническое предложение по ВКС было подготовлено в ОКБ (ныне АНТК\*) им. А.Н. Туполева в середине 80-х гг.**

Этот космолет должен был совершать взлет и посадку с обычных взлетно-посадочных полос, выполнять разгон до заданной скорости и высоты, включая выход на круговую орбиту, и выполнять автономный орбитальный полет на высоте 200 км продолжительностью до суток. Стартовый вес планировался около 260 тонн, полезная нагрузка — 8—10 тонн. Экспериментальный ВКС мог обеспечить проведение летного эксперимента для исследования сложнейших процессов в ГПВРД и аэротермодинамических явлений, возникающих при числах  $M > 6—8$ , вплоть до выхода в космос. Макет самолета Ту-2000 был показан на выставке «Мосаэрошоу-92». В том же 1992 г. проектные разработки были приостановлены. В настоящее время исследовательские и экспериментальные работы по ВКС продолжаются в АНТК им. А.Н. Туполева

\* Авиационный научно-технический комплекс





## ХОЛОД ▼

**Гиперзвуковая летающая лаборатория для летных испытаний гиперзвукового прямоточного воздушно-реактивного двигателя (ГПВРД)**

Создана на базе зенитной ракеты SA-5, боевая часть которой была заменена двигательным модулем длиной 0,7 м, разработанным ЦИАМ им. П. И. Баранова и КБХМ. После запуска с передвижной пусковой установки ракета выходит на баллистическую траекторию полета, достигая чисел Маха  $M = 3.5-6.5$  на высотах 15—35 км. ГЛЛ «Холод» оснащена двухрежимным ПВРД, созданным для испытаний в условиях полета. 27 декабря 1991 на ней впервые в мире было проведено летное испытание водородного ГПВРД при скорости полета равной 1653 м/с (в 5.6 раза превышающей скорость звука) и в течение последующих 7 лет было выполнено пять испытательных полетов

## HYPER X-43A ▲

**X-43 — небольшой беспилотный экспериментальный летательный аппарат. Создан по программе «Hyper-X», начатой США в 1996 г. Оснащен гиперзвуковым прямоточным воздушно-реактивным двигателем, разработанным для испытаний в реальном полете**

X-43 устанавливается на крылатой ракете «Pegasus» как головная часть ее корпуса, имеет длину корпуса 3,4 м и двигатель длиной 0,76 м. Дозвуковой турбореактивный самолет B-52В выводит ракету «Pegasus» на высоту около 5,7 км, после чего она отделяется и разгоняется с набором высоты около 29 км. Далее отделяется сам аппарат X-43, и его ГПВРД запускается на время не более 10 сек, разгоняя X-43 до скорости, соответствующей числам Маха  $M = 7$  или  $M = 10$ . После горизонтального испытательного полета происходит торможение и снижение в заданную зону падения, где аппарат спасается с помощью парашюта. Первые успешные летные испытания аппарата X-43A были выполнены в конце марта 2004 г., когда аппарат разогнался до скорости, в семь раз превышающей скорость звука. Во время испытаний в ноябре 2004 г. скорость X-43A превысила скорость звука в десять раз

1000 км/час), уже отлетавшие сверхзвуковые «Конкорд» и Ту-144 имели крейсерскую скорость только примерно вдвое большую.

К настоящему времени уже определены перспективы создания в двадцать первом веке нового поколения самолетов, летающих с гиперзвуковыми скоростями, в 5—15 раз превосходящими звуковую, а также воздушно-космических самолетов, взлетающих с обычных аэродромов, выходящих с космической скоростью в околоземное пространство и возвращающихся обратно. Для их создания необходимо развитие новых технологий, совершенно отличных от тех, которые присущи вертикально взлетающим ракетно-космическим системам и современным самолетам.

«Ключевым элементом» создания таких аппаратов является разработка воздушно-реактивной силовой установки, экономичной и работающей в беспрецедентно широком диапазоне скоростей — от дозвуковых до гиперзвуковых. Для такой силовой установки может быть эффективно использовано ракетное горючее — жидкий

водород, для которого тепловая энергия, выделяемая при сжигании, является максимальной. Его запасы в природе практически неисчерпаемы, он может вырабатываться как из углеводородных ископаемых, так и из воды. Водород — экологически чистое топливо, при его сгорании образуется обыкновенная вода.

Проведенные к настоящему времени научно-технические исследования дают представление о том, какими будут гиперзвуковые и воздушно-космические самолеты будущего. Прежде всего, аэродинамические формы гиперзвуковых самолетов будут существенно отличаться как от тех, которые используются для ракетно-космических аппаратов, так и от современных до- и сверхзвуковых реактивных самолетов. Конфигурации гиперзвуковых воздушно-реактивных аппаратов становятся интегрированными, крыло и фюзеляж объединяются в единый несущий корпус, к которому в свою очередь примыкают воздухозаборник и сопло двигателя. Такого рода конфигурации являются пока еще малоизученными, но уже теперь ясно, что они

на стр. 133 ▶

## Модельный двигатель ИТПМ ▼

**Впервые в мировой практике экспериментальных исследований ГПВРД на модельном двигателе Института теоретической и прикладной механики СО РАН была получена избыточная тяга, под действием которой модель двигалась вперед, навстречу потоку, набегающему на нее в аэродинамической трубе.**

Испытания моделей ГПВРД с горением различных топлив в аэродинамических трубах ИТПМ были начаты в середине 70-х годов. В 1978 г. в импульсной аэродинамической трубе кратковременного действия (30—120 миллисекунд) при числе Маха набегающего потока  $M = 7.9$  был испытан модельный ГПВРД с так называемым конвергентным воздухозаборником нового типа, в котором сжатие потока происходит по сходящимся в пространстве направлениям. К настоящему времени в ИТПМ накоплен большой методический опыт испытаний и выполнен ряд исследований работающих моделей прямоточных двигателей различных конфигураций и их элементов.

Дугообразная передняя кромка воздухозаборника

Поперечно-вогнутая поверхность конвергентного сжатия

Боковые щеки

Компактное сечение входа в канал двигателя

Обечайка

Боковые щеки

Поперечно-вогнутая поверхность расширения дивергентного сопла

Камера сгорания







Конфигурации ГЛА с ВРД, исследованные экспериментально

## Модели ИТПМ

Институт теоретической и прикладной механики СО РАН обладает уникальной экспериментальной базой, позволяющей проводить широкие фундаментальные исследования, связанные с проблемами создания перспективных гиперзвуковых летательных аппаратов различного назначения. Эти исследования были начаты в институте в конце 60-х годов и продолжаются в настоящее время. На фото представлены некоторые примеры конфигураций аппаратов, аэродинамические характеристики которых получены при испытаниях их моделей в аэродинамических трубах ИТПМ при скоростях потока, в 2—6 раз превышающих скорость звука

Традиционная конфигурация

гиперзвукового летательного

аппарата. Имеет фюзеляж

в виде несущего корпуса

и рудиментарные крылья.

Двигательный модуль

с воздухозаборником расположен

под нижней поверхностью корпуса



обеспечивают высокую аэродинамическую эффективность и улучшают летные свойства аппаратов при сверхвысоких скоростях.

К сожалению, создание гиперзвуковых и воздушно-космических самолетов военного назначения и тем более гражданского — дело еще далекого будущего. Но гиперзвуковые крылатые ракеты и экспериментальные аппараты с ГПВРД полетят в ближайшие 10—15 лет.

Для этого необходимо проведение научно-технических исследований в этом направлении.

Технологии высокого уровня, развиваемые в связи с созданием гиперзвуковых и воздушно-космических самолетов, могут найти широкое применение в народном хозяйстве, неавиационных промышленных отраслях.





Новая конфигурация гиперзвуковых летательных аппаратов. Двигательный модуль с воздухозаборником также расположен под нижней поверхностью несущего корпуса.

Но формы воздухозаборника и носовой поверхности корпуса являются поперечно-вогнутыми, что приводит к формированию конвергентных течений сжатия при сверхзвуковых скоростях и может обеспечить ряд преимуществ

**S** ПОДРОБНЕЕ  
в будущих выпусках



Конфигурация гиперзвукового летательного аппарата с двигательными трактами, расположенными по боковым сторонам несущего корпуса. Эта конфигурация имеет ряд свойств, делающих ее в некоторых случаях альтернативной традиционной



*Авторы и редакция благодарят АНТК им. А. Н. Туполева, ЦИАМ и ЛИИ, НПО «Молния» за предоставленные иллюстративные материалы*