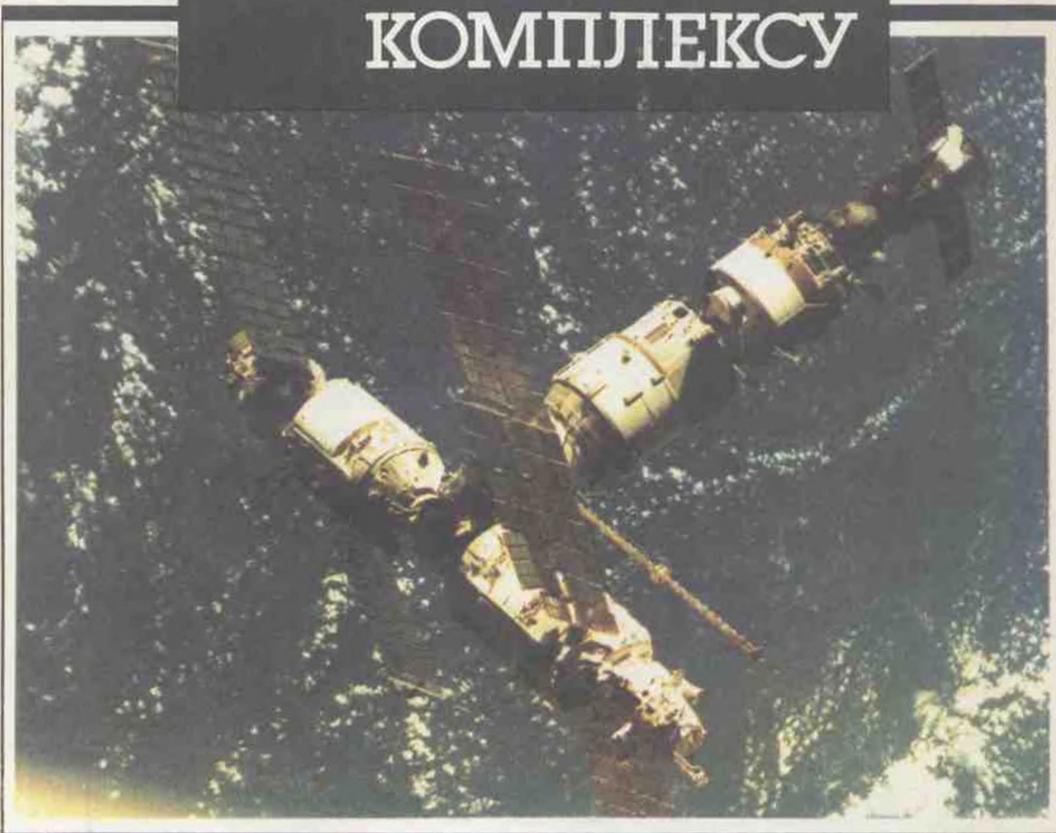


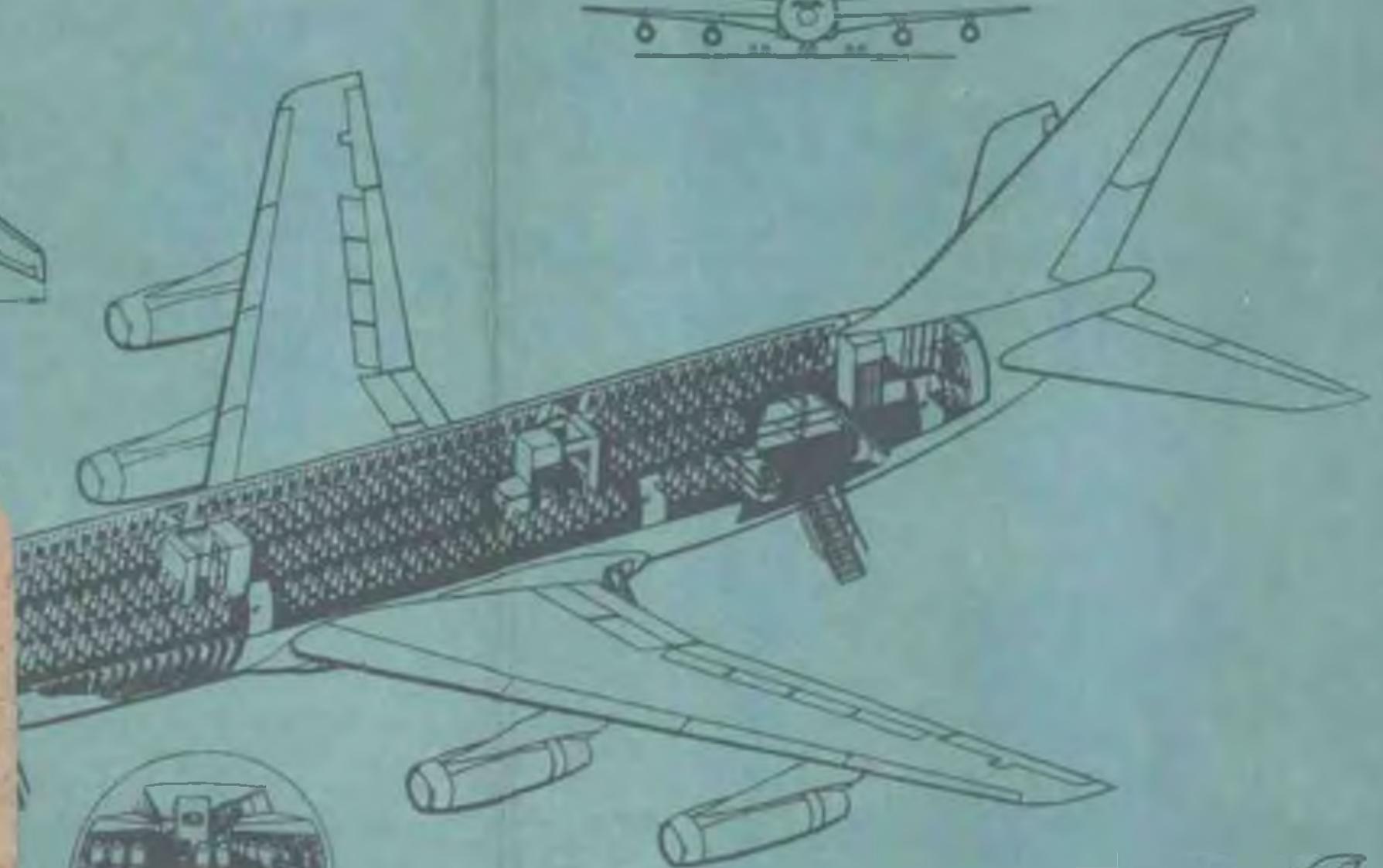
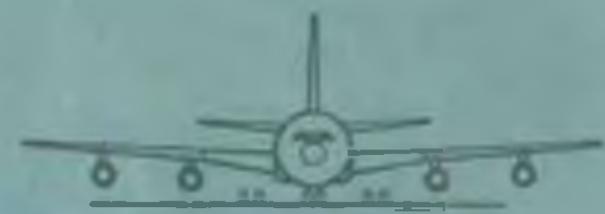
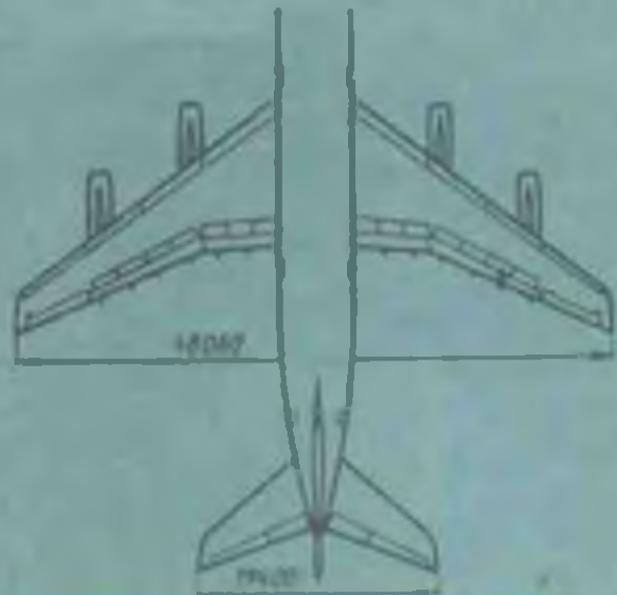
ОТ САМОЛЕТА
К ОРБИТАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСУ

Л.А. Гильберг



Л. А. Гильберг
ОТ САМОЛЕТА
К
ОРБИТАЛЬНОМУ
КОМПЛЕКСУ





Л. А. Гильберг

ОТ САМОЛЕТА
К
ОРБИТАЛЬНОМУ
КОМПЛЕКСУ

629/Г 474/1149071



1000337490

Москва «Просвещение» 1992

ББК 39.5
Г47

Рецензенты:
летчик-космонавт,
дважды Герой Советского Союза,
кандидат технических наук
П. Р. Попович;
инженер *Н. Ф. Новокщенов*

Гильберг Л. А.

Г47 От самолета к орбитальному комплексу.— М.: Просвещение,
1992.— 287 с.: ил.— ISBN 5-09-003015-4.

В книге в интересной и популярной форме рассказано о развитии авиации и космонавтики, о наземных службах — космодромах и аэродромах, о том, как управляют полетами и готовят космонавтов и т. д.

Г 4306020000—634 90—93
103(03)—92

ББК 39.5+39.6

ISBN 5-09-003015-4

© Гильберг Л. А., 1992

ПРЕДИСЛОВИЕ

Стремление человека к познанию окружающего мира извечно и неистребимо. И одна из самых ярких страниц этого процесса — желание взлететь над Землей, взглянуть с неба на колыбель человечества, узнать, что же там, дальше, в безграничных просторах Вселенной.

Человек всегда мечтал о полетах. Об этом свидетельствуют и мифы многих народов, и история науки и техники.

Познавая законы природы, совершенствуя свое мастерство, люди начали осуществлять свою мечту. Сперва робко, едва отрываясь от Земли на первых неуклюжих планерах, аэропланах и вертолетах. Затем все более и более уверенно — появились многоместные пассажирские самолеты, военные самолеты разных типов, прочно вошли в жизнь вертолеты.

И наконец, с середины нашего века начался буквально штурм небесных просторов. Одни за другим уходят в небо искусственные спутники Земли, автоматические космические аппараты добрались до самых дальних планет Солнечной системы, космонавты постоянно трудятся на околоземной орбите. Тысячи авиалиний опоясали весь земной шар, ежегодно самолеты перевозят сотни миллионов пассажиров.

Авиация и космонавтика стали неотъемлемой составной частью цивилизации. В их возникновении и развитии велика роль ученых, инженеров, летчиков и космонавтов нашей страны.

Рассказу об авиации и космонавтике посвящена лежащая перед вами книга известного популяризатора науки и техники Л. А. Гильберга «От самолета к орбитальному комплексу», которую я горячо рекомендую читателю.

Из этой книги вы узнаете о многом: о том, как устроены самолеты, космические корабли, орбитальные станции, какие бывают ракетные двигатели, как летает вертолет, как космонавты преодолевают перегрузки и невесомость, как многочисленные наземные службы помогают летчикам и космонавтам, что дает нам всем космонавтика. И обо всех этих сложных вещах автор рассказывает просто, доходчиво, хорошим литературным языком.

Очень украшают книгу многочисленные хорошие иллюстрации.

Уверен, что книга будет с интересом встречена самыми широкими кругами читателей, особенно молодежью.

*Летчик-космонавт
дважды Герой Советского Союза,
кандидат психологических наук
Г. Т. Береговой*

Немного истории

С каждым днем все труднее встретить человека, не испытавшего прелесть полета. Самолеты перевозят миллионы пассажиров и тысячи тонн срочных грузов. Высоко в небе нередко мы видим едва различимый серебристый треугольник, выписывающий белым по голубому огромную петлю, — это несет вахту страж нашего неба — истребитель-перехватчик.

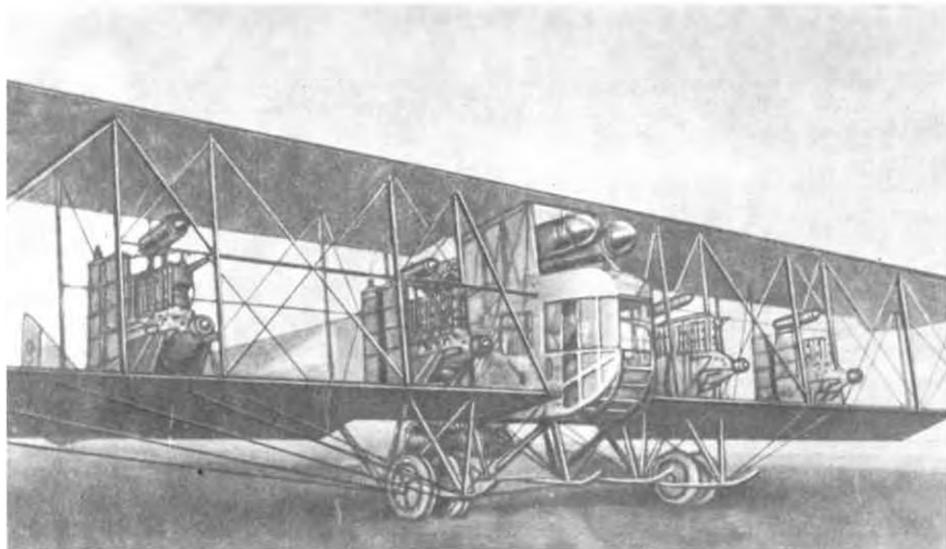
Бурно развивается авиация. На протяжении жизни одного поколения самолеты превратились из несуразных «летающих этажерок» в гигантские воздушные корабли, с огромными скоростями бороздящие небо.

Достижения нашей авиации возникли не на пустом месте. У отечественных конструкторов, ученых и летчиков богатые традиции и славная история.

Еще на заре развития авиации в России были созданы весьма совершенные по тому времени тяжелые самолеты. Зимой 1912—1913 гг. на Русско-Балтийском вагонном заводе в Петербурге под руководством Игоря Сикорского был построен и летом 1913 г. испытан первый в мире четырехмоторный самолет «Русский витязь». Он был гораздо больше любого другого самолета тех лет. Размах верхнего крыла достигал 27 м, масса самолета 4,2 т.

Появление «Русского витязя» сыграло большую роль в развитии авиации. В том же 1913 г. построен самолет «Илья Муромец» конструкции Сикорского. В отличие от «Русского витязя» он был не единственным опытным образцом: до 1918 г. было выпущено около 80 самолетов. На первом образце «Ильи Муромца» установлено несколько рекордов грузоподъемности. 12 февраля 1914 г. состоялся полет с 16 пассажирами на борту — по тем временам достижение невиданное! Во время полета по крылу могли ходить люди, не нарушая равновесия самолета. Размах верхнего крыла некоторых «Муромцев» достигал 34,5 м, а полетная масса 5 и даже 7,5 т. Самолеты «Илья Муромец» использовались во время первой мировой войны как тяжелые бомбардировщики. Некоторые из них совершили десятки боевых вылетов. Осенью 1915 г. один из них впервые в истории авиации поднял в воздух и сбросил бомбу громадной для того времени массы — 25 пудов (410 кг). Самолеты имели для защиты совершенные для тех лет пулеметы.

В декабре 1918 года, в тяжелейших условиях гражданской войны и разрухи, был создан Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ). Впоследствии он стал крупнейшим научным авиационным центром. Одним из основателей ЦАГИ вместе с «отцом русской авиации» Н. Е. Жуковским был А. Н. Туполев — впоследствии прославленный конструктор многих самолетов.



Самолет «Илья Муромец» конструкции И. Сикорского

В ноябре 1925 г. испытан в воздухе первый в мире цельнометаллический тяжелый бомбардировщик-моноплан конструкции Туполева — АНТ-4 (ТБ-1). Он стал прототипом всех многомоторных бомбардировщиков, построенных по схеме свободно несущего моноплана. Осенью 1929 г. на серийном самолете ТБ-1 «Страна Советов» совершен перелет Москва — Нью-Йорк. Маршрут перелета: Москва — Омск — Хабаровск — Петропавловск-на-Камчатке — остров Атту — Сиэтл — Сан-Франциско — Нью-Йорк.

С самолетами этого типа проводили интересные опыты, некоторые из них предвосхитили крупные технические достижения наших дней. В 1922—1935 гг. это были опыты по дозаправке горючим в воздухе. В 1933 г. на ТБ-1 были установлены ускорители взлета — пороховые ракеты под крылом. Эксперименты эти прошли успешно — в октябре 1933 г. во время испытаний самолета с ускорителями удалось резко сократить длину разбега. Полетная масса ТБ-1 достигала 9 и даже 12 т.

22 декабря 1930 г. летчик Михаил Громов, завоевавший впоследствии мировую славу, испытал новый тяжелый воздушный корабль конструкции Туполева — АНТ-6 (ТБ-3). Он имел дальность беспосадочного полета свыше трех тысяч километров, полетную массу 19,5 т, размах крыла достигал 42 м. Разные модификации этого самолета выпускались серийно в 1932—1937 гг. Их было построено 820. На этом самолете совершались полеты с грузом до 12 т. В 1936 г. известный советский летчик Андрей Юмашев совершил на ТБ-3 рекордный полет на высоту около 9 км с грузом 5 т! К началу Великой Отечественной войны ТБ-3 как бомбардировщик устарел и чаще всего применялся в качестве военно-транспортного и десантного самолета. Он перевозил по 30—35 парашютистов.



Самолет «Максим Горький», построенный под руководством А. Н. Туполева

Под самолет подвешивались и сбрасывались на парашютах грузовики, пушки, танкетки и другие грузы.

С самолетами ТБ-1 под руководством инженера Владимира Вахмистрова проводились интересные опыты, которые назывались «звено». Он превращался в самолет-носитель. На нем закрепляли несколько легких самолетов. При взлете работали двигатели всех самолетов.

Первый полет ТБ-1 с двумя истребителями, установленными на его крыле, состоялся 3 декабря 1931 г. В воздухе истребители отделились и летали самостоятельно. Один из них пилотировал прославленный впоследствии Валерий Чкалов. В ноябре 1935 г. был выполнен еще более удивительный эксперимент: ТБ-3 нес сразу пять истребителей — два на крыле, два под крылом и один под фюзеляжем! Самолеты подцеплялись и отцеплялись в воздухе.

Гражданский воздушный флот широко использовал самолет Г-2 — гражданский грузовой вариант ТБ-3. Максимальная масса этих машин достигала 22 т. Был и специальный арктический вариант самолета АНТ-6. Эти машины назывались «Авиаарктика». На них была совершена знаменитая экспедиция на Северный полюс в мае 1937 г.

В 1932 г. по призыву известного журналиста Михаила Кольцова в ознаменование 40-летия литературной и общественной деятельности Горького провели сбор средств на постройку агитационного самолета-гиганта «Максим Горький». Самолет спроектировали и построили в очень короткий срок под руководством А. Н. Туполева.

17 июня 1934 г. Михаил Громов первый раз поднял в воздух этот самолет. Его размеры поражали: длина фюзеляжа 32,5 м, ширина 3,5 м и высота 2,5 м, размах крыла 63 м. Площадь полезных помещений составляла более 100 м². Внутри самолета находились многочисленные



Самолет По-2 конструкции Н. Н. Поликарпова

кабины и отсеки, где размещались типография, несколько радиостанций, в том числе для дальних передач, киноустановки, фотолаборатория, электростанция, радиоустановка «Голос с неба», автоматическая телефонная станция и многое другое. Имелись места для 8 членов экипажа и 72 пассажиров. Самолет был оснащен 8 двигателями мощностью по 662 кВт (900 л. с.) каждый. Машины таких размеров не создавались нигде в мире еще почти полтора десятка лет.

В конце 50-х гг. наша авиационная промышленность поразила весь мир огромным пассажирским лайнером Ту-114.

Летом 1965 г. на XXVI Международном салоне авионики и космоса «экспонатом № 1» единодушно был признан советский самолет Ан-22 — «Антей»; его взлетная масса 250 т.

Ученые, конструкторы, инженеры занимались, конечно, не только гигантами. Для нашей авиации были созданы замечательные самолеты всех классов. Среди них учебный самолет По-2 известного конструктора Н. Н. Поликарпова (до 1944 г. он назывался У-2 — учебный-второй). Опытный образец этого самолета впервые поднялся в воздух 7 января 1928 г. Самолеты По-2 находились в эксплуатации почти 35 лет. Это — мировой рекорд долговечности конструкции, которая подвергалась лишь частичному совершенствованию.

В нашей стране было построено около 40 тысяч этих машин. Самолет имел хорошие летные качества, легко управлялся и быстро получил всеобщее признание. Хотя он и был задуман лишь как учебный самолет, однако нашел в различных вариантах самое разнообразное применение. Были По-2 пассажирские, сельскохозяйственные, санитарные. Был По-2 — знаменитый ночной бомбардировщик Великой Отечественной войны. Этот самолет наши солдаты любовно-шутливо называли «огород-

Ракетный самолет
«БИ», созданный под
руководством
В. Ф. Болховитина



ником» или «кукурузником». Теплые, ласковые искорки загорались в глазах измученных непрерывными налетами немецкой авиации воинов легендарной 62-й армии в Сталинграде, когда с наступлением темноты раздавался неторопливый рокот этих самолетов, идущих на бомбежку фашистских позиций.

А кто из старых солдат не помнит грозных Ил-2 — штурмовиков конструкции С. В. Ильюшина! «Черной смертью» называли этот самолет фашисты. Символом возмездия был он для нашей армии. Чудесный самолет с бронированной кабиной и мощным вооружением (на многих «Илах» уже во время войны были установлены ракеты класса «воздух — земля») играл большую роль в операциях наших войск.

В 1933 г. Н. Н. Поликарпов создал лучшие в мире истребители И-15, а затем И-16. Во время войны мужественную борьбу за господство в воздухе вели советские летчики на отличных истребителях конструкции С. А. Лавочкина, А. С. Яковлева, А. И. Микояна, бомбардировщиках А. Н. Туполева, А. А. Архангельского, В. М. Петлякова, П. О. Сухого. Еще в предвоенные годы и во время войны шла работа по созданию реактивной авиационной техники.

В 1939 г. И. А. Меркуловым были разработаны и построены первые в мире прямоточные воздушно-реактивные двигатели (ПВРД). 25 января летчик-испытатель П. Е. Логинов поднял в воздух самолет И-15, под крылом которого были подвешены два прямоточных двигателя Меркулова. Испытания прошли успешно. Такие эксперименты проводились и на других самолетах-истребителях: И-153 Поликарпова и Як-7 Яковлева.

В 1940 г. летчик В. К. Федоров совершил полет на сконструированном С. П. Королевым — впоследствии прославленным создателем космических кораблей — планере РП-318-1 с жидкостным ракетным двигателем (ЖРД) ОРМ-65 конструкции В. П. Глушко. 15 мая 1942 г. первый полет совершил уже не планер с небольшим ЖРД, а ракетный само-

лет «БИ» с довольно мощным двигателем, созданный конструкторским коллективом под руководством В. Ф. Болховитинова. Пилотировал самолет летчик-испытатель капитан Г. Я. Бахчиванджи. В 1943—1944 гг. проходили испытания реактивных двигателей на самолетах Пе-2, Су-6, Су-7, Як-3, Ла-7Р.

После войны, в конце 1945 — начале 1946 г., появились первые советские реактивные истребители, а затем и бомбардировщики с воздушно-реактивными двигателями.

Большую роль в развитии реактивного самолетостроения сыграла машина Ту-16 — детище коллектива А. Н. Туполева. Этот бомбардировщик отличали очень хорошие летные характеристики, оригинальная компоновка двигателей, стреловидное крыло и хвостовое оперение, красота внешних форм. Многие специалисты считают, что Ту-16 на добрый десяток лет обогнал свое время. Но Ту-16 не только грозный и совершенный бомбардировщик 50-х гг. нашего века, он знаменит еще и тем, что послужил прототипом знаменитого Ту-104 — первенца мировой пассажирской реактивной авиации.

После Великой Отечественной войны быстро развивалась и гражданская авиация. В 1947 г. появился самолет Ан-2 конструкции О. К. Антонова, предназначенный для местных линий. Он принимал на борт 12 пассажиров и перевозил их со скоростью 170—180 км/ч. Дальность полета — до 2000 км. Эта машина крайне неприхотлива к аэродромам. Собственно, аэродром в современном понимании этого слова для Ан-2 не нужен. Была бы относительно ровная площадка метров 200 длиной. Ан-2 оснащался также лыжными и поплавковыми шасси и мог садиться на снег и воду. Он широко использовался для перевозки грузов, на аэрофотосъемках, геофизических работах, для охраны лесов и тушения пожаров.

В преддверии реактивной эры Аэрофлота, в 1952 г., появился поршневым пассажирский самолет Ил-14, бывший на протяжении нескольких лет одним из основных самолетов гражданской авиации.

Подлинный скачок в развитии гражданской авиации произошел в середине 50-х гг. 10 июля 1955 г. поднялся в первый полет самолет Ту-104. Ту-104 был первым в мире реактивным пассажирским самолетом, поступившим в регулярную эксплуатацию. 15 сентября 1956 г. Ту-104 за 7 ч доставил 50 пассажиров из столичного аэропорта Внуково в Иркутск, открыв эру пассажирской реактивной авиации.

В 1958 г. на Всемирной выставке в Брюсселе самолету Ту-104 присуждена золотая медаль.

Во второй половине 50-х годов на линиях гражданской авиации появились мощные турбовинтовые самолеты. Их нельзя отнести к чисто реактивным. Движителем на этих машинах, как и на самолетах с поршневыми моторами, является самолетный винт. Однако он приводится во вращение не поршневым, а газотурбинным двигателем.

Газовая турбина — довольно простой двигатель. Она не имеет, подобно поршневому мотору, элементов, совершающих возвратно-поступательные движения. В ней нагретый газ отдает свою энергию, вращая снабженное лопатками рабочее колесо двигателя. Газовая турбина отличается быстротходностью и компактностью.

Первые схемы авиационных газотурбинных двигателей были предложены в 1913 г. русским инженером М. Н. Никольским и в 1923 г. инженером В. И. Базаровым.

В 1939 г. на Кировском заводе в Ленинграде под руководством А. М. Люлька (впоследствии академика) началось строительство авиационного турбореактивного двигателя по предложенной им схеме. Двигатель был построен, но война помешала его испытаниям и доводке.

В 1941 г. в Англии впервые был установлен на самолет и испытан турбореактивный газотурбинный двигатель конструкции Ф. Уитля. Газотурбинные двигатели получили в авиации широкое распространение, так как поршневые моторы, долгие годы безраздельно господствовавшие в авиации, оказались не в состоянии обеспечить необходимый рост скорости самолета. А в турбине можно получить большую мощность при относительно малых ее размерах и массе.

К газотурбинным авиационным двигателям относят турбореактивные, турбовинтовые и турбовентиляторные. Этими тремя типами двигателей оснащено большинство современных самолетов. Все большее применение находят они и на вертолетах.

Как работает турбореактивный двигатель?

При полете самолета встречный поток воздуха, попадая в компрессор, сжимается до $5 \cdot 10^3$ — $10 \cdot 10^3$ Па. Отсюда он поступает в камеру сгорания, где во время работы двигателя непрерывно сгорает топливо. Там образуются газы с высокой температурой и давлением, имеющие большой запас энергии. Вырвавшись из тесной для них камеры, газы способны при расширении выполнять значительную работу.

Поток газов направляется на лопатки турбины. Давя на них с большой силой, газы заставляют турбину стремительно вращаться. Так значительная часть энергии газов превращается в механическую работу. Колесо турбины и ротор компрессора находятся на общем валу. Таким образом, работа турбины передается компрессору и идет на сжатие новых порций воздуха. Горячие же газы, прошедшие через турбину, израсходовали свою энергию не полностью. Они сохранили еще избыточное давление и высокую температуру. Когда газы вырываются из выходного сопла двигателя, эта энергия высвобождается и толкает самолет вперед.

В турбовинтовом двигателе, в отличие от турбореактивного, в реактивную силу, толкающую самолет, превращается лишь небольшая часть энергии горячих газов. В основном она используется турбиной, которая заставляет работать не только компрессор, но и воздушные винты. Они-то и создают главную силу тяги, заставляющую самолет двигаться вперед.

Все более широкое применение находят турбовентиляторные двигатели.

По своим характеристикам они занимают промежуточное положение между турбовинтовыми и турбореактивными. Этот двигатель не приводит в движение самолетный винт. Как и в турбореактивном двигателе, тяга создается струей газов, вырывающихся из сопла. Здесь действует тот же «маршрут» движения газов: воздухозаборник — компрессор — камера сгорания — турбина — сопло. Но есть и второй, внешний контур — туннель, по которому воздух засасывается через воздухозаборник

вентилятором и выбрасывается через сопло. Вентилятор — диск с лопатками-лопастями — насаживается на вал компрессора или турбины. Он играет роль воздушного винта небольшого диаметра, вращающегося с большим числом оборотов внутри кожуха двигателя.

Первые турбовинтовые ласточки появились у нас в 1956 г. Это были пассажирский Ан-10 и грузовой Ан-12 — самолеты, созданные конструкторским бюро О. К. Антонова. В 1957 г. под руководством С. В. Ильюшина построен самолет Ил-18. В том же году появилось новое детище коллектива А. Н. Туполева — огромный турбовинтовой самолет Ту-114. Эти самолеты очень быстро заслужили всеобщее признание. На Всемирной выставке 1958 г. в Брюсселе Ил-18 и Ан-10 получили золотые медали, а Ту-114 удостоен высшей награды — Гран-при.

Многие сотни турбовинтовых машин летали на линиях Аэрофлота и эксплуатировались авиакомпаниями других стран. Всеобщее признание и широкое распространение получил самолет Ил-18. Часть этих машин летает еще и сегодня. На самолетах Ил-18 перевезены сотни миллионов пассажиров. Долгие годы работали пассажирские Ан-10 и самолет для линий небольшой протяженности Ан-24, который обладал отличными взлетно-посадочными характеристиками. На его базе были созданы транспортный Ан-26 и специализированный аэрокартографический самолет Ан-30.

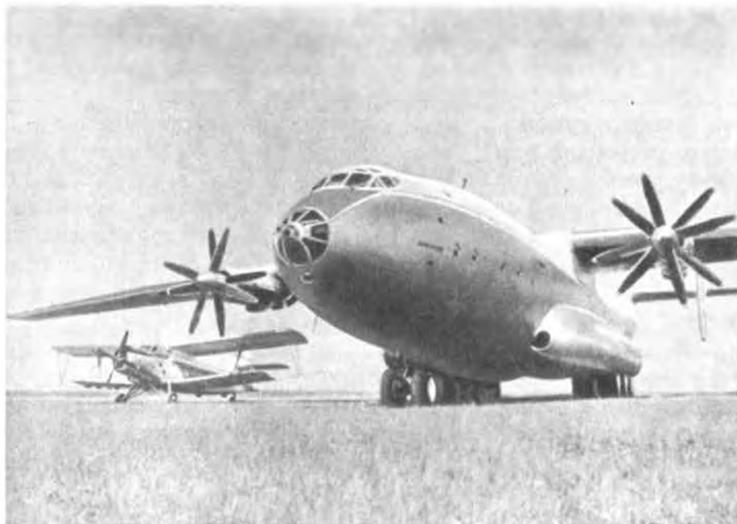
«Родной брат» Ан-10 — турбовинтовой грузовой самолет Ан-12. Он берет на борт груз массой до 20 т и перевозит его без посадки на 4000 км. В 1961—1962 гг. на Ан-12 совершен перелет из Москвы в Мирный (Антарктида) и обратно протяженностью около 53 тысяч километров! Самолет может перевозить крупногабаритные грузы — автомобили, тракторы и т. п. В зависимости от применения Ан-12 оснащается трапами, транспортерами, кран-балкой и лебедками для погрузочно-разгрузочных работ.

Более 1000 самолетов Ан-2, Ан-14, Ан-24, Ан-26 и Ан-30 были закуплены фирмами и организациями сорока двух стран Европы, Азии, Африки и Америки.

Многие дальние линии нашей гражданской авиации обслуживал Ту-114. До 1965 г. это был самый большой пассажирский самолет в мире. Из Москвы в Хабаровск или Ташкент он перевозил без посадки 170 человек за один рейс. Когда этот самолет впервые прилетел в Нью-Йорк, американские газеты немало писали о его исполинских размерах. Размах крыла самолета 51 м, длина фюзеляжа 54 м. Под стать размерам и взлетная масса самолета — 175 т. Чтобы придать этой огромной машине скорость 800—850 км/ч, на ней были установлены четыре турбовинтовых двигателя общей мощностью 44100 кВт (60 000 л. с.). Самолет обладал самой большой скоростью среди пассажирских турбовинтовых самолетов.

Славно послужил народному хозяйству маленький антоновский самолет Ан-14 с поршневыми двигателями. Он мог садиться на неутрамбованную проселочную дорогу, поле, лесную поляну. И пробегал при посадке и взлете всего 35—40 м. Его очень метко называли «Пчелкой». Это универсальный самолет. В 1969 г. на базе «Пчелки» был создан самолет Ан-28. Два турбовинтовых двигателя имеют мощность вдвое большую,

Совсем маленьким кажется Ан-2 рядом с Ан-22 — «Антеем»



чем прежние моторы. Значительно возросла коммерческая нагрузка самолета. В пассажирском варианте он может перевозить 15 чел.

В 1976 г. появился самолет Ан-32 — модификация Ан-26. Новые, более мощные двигатели и другие усовершенствования позволили существенно улучшить характеристики машины.

Трудолюбивая «Пчелка» кажется совсем крошечной рядом с другим созданным под руководством О. К. Антонова самолетом — Ан-22. «Антей» — один из самых больших самолетов в мире — имеет взлетную массу 250 т, способен перевозить без посадки 80 т полезной нагрузки.

Эта громадина поднимается в воздух, пробежав по взлетной полосе всего лишь 1100—1300 м. Такой короткий разбег возможен благодаря большому запасу тяги двигателей и мощным двухщелевым закрылкам. А воздушные тормоза и реверс винтов позволяют ему при посадке пробегать всего 800 м. Ан-22 может эксплуатироваться даже с грунтовых аэродромов.

Герметизированная грузовая кабина самолета напоминает спортивный зал. Ее высота 4,4 м. «Антей» может вместить в свое чрево и перебросить на тысячи километров суда на подводных крыльях, автобусы, автомобили всех марок, экскаваторы, железнодорожные вагоны, фермы мостов, подъемные краны.

Основное шасси Ан-22 имеет 12 колес высотой в рост человека. Давление в его пневматиках для работы с бетонных аэродромов $5 \cdot 10^5$ Па, при эксплуатации с грунтовых полос оно с помощью специального устройства легко снижается до $2,5 \cdot 10^5$ Па.

Самолет Ан-22 имеет тщательно продуманную систему погрузки и разгрузки. Нижняя створка грузового люка «Антея» легко превращается в грузовой трап, мощные гидравлические подъемники позволяют зафиксировать ее в любом нужном положении.

На Ан-22 установлен ряд мировых рекордов.



Красавец Ил-62М в полете

Турбовинтовые самолеты еще продолжают нести повседневную вахту на линиях Аэрофлота. У них много достоинств. Однако скорость этих машин уступает скорости чисто реактивных самолетов с турбореактивными двигателями. А с появлением турбовентиляторных двигателей стало возможным значительно повысить и экономичность безвинтовых лайнеров. Двухконтурные двигатели легче, производят меньше шума.

После Ту-104 и Ту-124 появилось второе поколение реактивных лайнеров Аэрофлота. К ним относится самолет Ту-134. На Ту-134 двигатели с крыла перенесены в хвостовую часть фюзеляжа. Это не только повышает комфортабельность (значительно меньше шума в кабине), но и улучшает аэродинамические характеристики. Повышена тяга турбовентиляторных двигателей. Двигатели Д-30, созданные коллективом под руководством П. А. Соловьева, просты в эксплуатации, имеют относительно небольшую массу благодаря широкому применению в конструкции алюминиевых и титановых сплавов. Самолет и его модификация Ту-134А (1971 г.) предназначены для авиалиний протяженностью до 2000 км.

Высокоскоростные самолеты с двухконтурными реактивными двигателями быстро завоевали свое место и на линиях большой дальности.

Здесь речь пойдет о красавце Ил-62. Право же, иначе не назовешь этот большой и в то же время необычайно красивый, хочется сказать, элегантный самолет. Он имеет стреловидное крыло, свободное от гондол двигателей, которые отнесены назад, в хвост фюзеляжа. Размах крыла 43,3 м. Это межконтинентальный лайнер. Дальность его беспосадочного полета 9200 км с 10 т коммерческой нагрузки. При полете до 6700 км она увеличивается до 23 т. Вместимость топливных баков машины 100 000 л. Максимальная взлетная масса самолета 161,6 т, его крейсерская скорость — до 900 км/ч.

Ил-62 оснащен современной радиоаппаратурой, отличными средствами навигации, все наиболее ответственные системы дублированы. Для современных отечественных самолетов это стало нормой.

Эти машины закуплены или арендуются у нас рядом стран.

Модифицированная машина — пассажирский самолет Ил-62М. Дальность полета возросла на 1200—1500 км. Установка новых двигателей конструкции П. А. Соловьева с меньшим расходом топлива, дополнительного топливного бака в киле самолета, перекомпоновка внутренних помещений и ряд других усовершенствований позволили получить самолет с лучшими летно-техническими, экономическими и эксплуатационными характеристиками.

В 1971 г. начала эксплуатироваться новая машина, созданная коллективом ильюшинцев под руководством генерального конструктора Г. В. Новожилова. Это тяжелый реактивный транспортный самолет Ил-76. У этой машины несколько непривычный для прежних «Илов» вид — высоко расположенное крыло, под которым на пилонах подвешены двигатели. Мощная механизация крыла, многоколесное шасси повышенной проходимости, большая энерговооруженность самолета позволяют эксплуатировать его как с бетонных, так и с грунтовых аэродромов и обеспечивают исключительно короткие взлетные и посадочные дистанции.

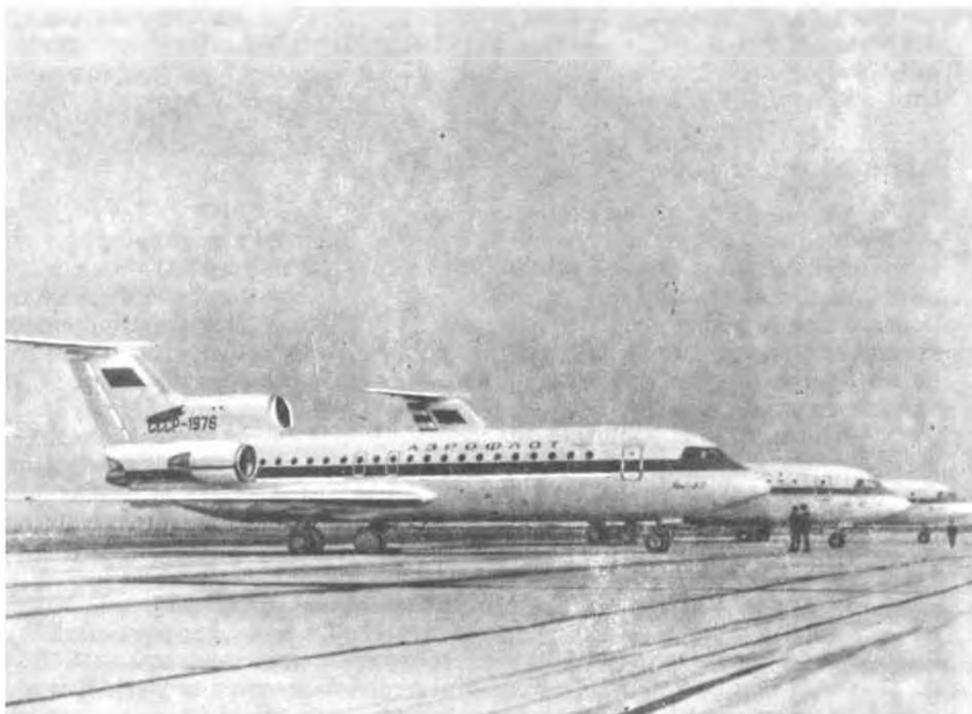
С 1972 г. эксплуатируется самолет авиалиний средней дальности Ту-154. Главная особенность самолета — установка трех двигателей (турбовентиляторных) в хвосте самолета. При отказе одного из трех двигателей самолет может продолжать взлет и лететь дальше по графику.

Большое значение для безопасности полета имеет также высокая надежность всех систем самолета. Конструкция машины рассчитана на повышенную живучесть. Все основные системы дублированы, а некоторые обладают даже тройным резервированием. Так, на самолете есть три отдельные, параллельно работающие гидросистемы и т. п. Эта машина может довольствоваться аэродромом второго класса со взлетно-посадочной полосой длиной 1,5—2 км.

Самолет имеет хорошую герметизацию салонов и весьма совершенную систему наддува воздуха. Благодаря этому при подъеме до высоты 7 км давление воздуха в кабине остается таким же, как у поверхности Земли, и лишь незначительно уменьшается при дальнейшем наборе высоты. Это почти полностью избавляет пассажиров от неприятных ощущений при взлете и посадке.

Уже через два года после начала эксплуатации самолета Ту-154, в апреле 1974 г., в результате настойчивой работы коллективов ОКБ им. А. Н. Туполева и Воронежского авиационного завода на линии Аэрофлота вышел модифицированный вариант самолета Ту-154. На нем установлены новые, более мощные двигатели, дополнительный топливный бак, взлетная масса увеличена до 94 т. Самолеты Ту-154, Ту-154А, Ту-154В перевозят огромное количество пассажиров в нашей стране и ряде других стран.

Пассажирский самолет с тремя турбовентиляторными двигателями в хвосте создан и в ОКБ генерального конструктора А. С. Яковлева. Только он гораздо меньше. Самолет Як-40, впервые поднявшийся в воз-



Самолеты Як-42 в аэропорту

дух в 1966 г., был первым в мире реактивным самолетом для местных авиалиний. Это и первый в мире реактивный пассажирский самолет, пригодный для эксплуатации с небольших грунтовых аэродромов.

Высокие качества Як-40 были подтверждены во время демонстрационного перелета в Австралию и показательных полетов во многих странах. Машина отлично выдержала борьбу с муссоном и обледенение над Бирмой, сильнейший ливень в Индии, справилась с посадками на маленькие горные аэродромы Иранского нагорья и посадочные площадки покрытых тропической растительностью островков южных морей.

Вместе с коллективом ОКБ А. С. Яковлева добрую славу этого самолета нужно отнести к создателям легких и экономичных турбовентилляторных двигателей, сконструированных в ОКБ А. Г. Ивченко, и к рабочим и инженерам Саратовского авиационного завода, где строили эти самолеты.

Новым этапом в работе ОКБ А. С. Яковлева было создание самолета Як-42 (первые испытания прошли в 1975 г.), предназначенного для эксплуатации на ближних магистральных и местных авиалиниях. Он пришел на смену самолетам Ил-18, Ан-24 и Ту-134. Он перевозит 120 пассажиров со скоростью 800—850 км/ч. Багаж — в специальных

контейнерах. Посадка и высадка пассажиров — через собственные встроенные трапы. Три двигателя конструкции В. А. Лотарева имеют высокую степень двухконтурности и низкий удельный расход топлива. Они обеспечивают высокую энерговооруженность самолета.

Аэрофлот сегодня и завтра

Непрерывный бурный рост потока пассажиров на линиях Аэрофлота, невозможность все больше сжимать интервалы между взлетами (или посадками) в наиболее напряженных аэропортах, где частота взлетов или посадок порой достигает частоты, с которой подходят поезда к перронам станций московского метро, потребовали создания в нашей стране, как это ранее произошло в США и Западной Европе, широкофюзеляжных самолетов невиданной дотолы вместимости.

В ОКБ им. С. В. Ильюшина под руководством генерального конструктора Г. В. Новожилова был создан магистральный самолет для авиалинии средней дальности Ил-86, вмещающий 350 пассажиров. Свой первый регулярный рейс он совершил на линии Москва — Ташкент в декабре 1980 г. Ныне самолеты Ил-86 летают на многих наиболее загруженных линиях нашей страны, они обслуживают международные линии Москва — Париж, Москва — Рим, Москва — Франкфурт-на-Майне, Москва — Ханой и другие. Дальность полета Ил-86 при коммерческой нагрузке 40 т составляет 3600 км, его крейсерская скорость — 900—950 км/ч. Удельный расход топлива четырех мощных двигателей самолета не больше, чем у ветерана — турбовинтового Ил-18. Самолет «двухэтажный» — нижняя палуба предназначена для размещения багажа, который пассажиры оставляют на полках, поднимаясь на верхнюю палубу. Пассажиры размещаются в 3 просторных салонах шириной по 6 м и высотой около 3 м. Эта машина позволяет быстро наращивать перевозки пассажиров. Только за один 1988 г. количество пассажиров Аэрофлота увеличилось на 5 млн. и достигло огромной цифры — 124 млн.

В 1989 г. наиболее экономичные самолеты Ил-86, Ту-154М и Як-42 появились еще на 25 авиатрассах, их доля в общем объеме перевозок по воздуху превысила 20%. Самолеты гражданской авиации связывают тысячи городов и поселков России и других стран бывшего СССР, они летают в 125 аэропортов почти 100 стран мира.

Новые грузовые самолеты с турбовентиляторными двигателями созданы в ОКБ им. О. К. Антонова. Ан-72 предназначен для перевозки грузов на трассах небольшой и средней протяженности. С грузом 10 т он летает на расстояние 1200 км со скоростью 720 км/ч. Два двигателя (тягой по 65 кН) установлены над крылом. Это способствует сокращению длины разбега, к тому же в них не попадают камешки, песок, льдинки — ведь Ан-72 эксплуатируется с грунтовых аэродромов. Шасси самолета хорошо приспособлено для посадки на неровные площадки. В грузовом отсеке самолета можно поддерживать пониженную температуру, необходимую для перевозки скоропортящихся грузов.

На базе этого первого реактивного самолета ОКБ им. О. К. Антонова в последние годы создан Ан-74. Внешне он очень напоминает своего



Идет погрузка в самолете Ан-72

предшественника, но имеет ряд отличий. Эта машина предназначена главным образом для эксплуатации в Арктике и Антарктике. Она нужна для ледовой разведки и проводки судов в высоких широтах, для перевозки грузов на полярные дрейфующие станции и в другие места на Крайнем Севере, для работы на научных станциях Антарктиды. Самолет может эксплуатироваться с размокших грунтовых, галечных, ледовых и заснеженных аэродромов, он прост и удобен в управлении. Усиленная противообледенительная система самолета включает воздушно-тепловую, электротепловую и жидкостную подсистемы. Самолет оснащен эффективным радиоэлектронным и пилотажно-навигационным оборудованием. Он испытывался в Якутии и на Чукотке, на Земле Франца-Иосифа и в Антарктиде. Во время испытаний он доставил грузы для советско-канадской ледяной трансантарктической экспедиции.

На Украине в ОКБ им. О. К. Антонова вслед за турбовинтовым богатырем «Антеем» и ныне под руководством генерального конструктора П. В. Балабуева продолжают традиции создания тяжелых и сверхтяжелых самолетов. Теперь они оснащаются турбореактивными двигателями.

В 1985 г. на авиасалоне в Бурже (Франция), в 1986 г. на авиационных выставках в Ванкувере (Канада) и Сиднее (Австралия) всеобщее внимание привлек огромный самолет Ан-124 «Руслан». Взлетная масса этой машины более 400 т! На выставку в Ванкувер он прилетел без посадки, покрыв за 14 ч 12,5 тыс. км. На выставке в Сиднее, кроме Ан-124, демонстрировались еще два наших экспоната — спортивный самолет Су-26М и вертолет Ка-32. Оба они прибыли на выставку... в чреве «Руслана».

Перевозил он, однако, грузы и потяжелее и побольше, например рабочее колесо для Таш-Кумырской гидроэлектростанции массой 80 т, огромные карьерные самосвалы в Полярный. На «Руслане» установлено много мировых рекордов, в том числе подъем груза массой более 171 т на высоту 10 750 м. В мае 1987 г. «Руслан» за 25 ч 30 мин покрыл без посадки расстояние в 20151 км. Так был побит рекорд дальности полета.



Тяжелый реактивный транспортный самолет Ан-124 — «Руслан»

Самый большой в мире самолет Ан-225 — «Мрия» («Мечта») →

Несмотря на огромную массу, Ан-124 легко взлетает благодаря мощным турбовентиляторным двигателям, созданным специально для «Руслана» в ОКБ генерального конструктора В. А. Лотарева, и весьма совершенной аэродинамике самолета. В конструкции Ан-124 использовано немало легких и прочных композиционных материалов, на самолете применено четырехкратное резервирование жизненно важных систем. На его борту работают 34 ЭВМ.

В феврале 1988 г. «Руслан» начал перевозку на трассе Москва — Владивосток челночных грузов, следующих из Японии в Западную Европу и обратно.

Но, оказывается, и Ан-124 не предел. Продолжая традиции строительства тяжелых самолетов, которые начались в нашей стране еще с «Русского витязя» и «Ильи Муромца», в ОКБ им. О. К. Антонова вслед за огромными «Антеем» и «Русланом» под руководством П. В. Балабуева создали гигант гигантов, самолет специального назначения, под названием «Мрия» («Мечта»). Действительно, кажется, только в мечтах можно было представить себе самолет со взлетной массой 600 т, самолет, способный в одном рейсе перевезти груз массой до 250 т со скоростью 800 км/ч.

Но вот мечта стала явью. В декабре 1988 г. «Мрию» выкатили на старт. В конце марта 1989 г. за один полет на Ан-225 было установлено сразу 109 мировых рекордов! Это и рекорд максимальной взлетной массы, который до того принадлежал американскому «Боингу-747-400» и составлял 404,8 т («Мечта» на взлете имела массу на 104 т больше), и ряд других рекордов. С огромным грузом самолет поднялся на высоту 12410 м. Однако и рекорды, и огромные размеры самолета (длина фюзеляжа 84 м, размах крыла более 88 м, высота 18 м — высота шестизэтажного дома) не самоцель. Ан-225 создан для перевозки тяжелых, особо крупногабаритных грузов.

Одним из главных толчков к постройке этой огромной машины яви-



лась потребность в перевозке на космодром космических кораблей много-разового использования «Буран» и блоков ракеты-носителя «Энергия». «Мрия» будет перевозить также буровые вышки, ректификационные колонны для производства криогенных топлив и другие уникальные грузы. Впрочем, «Мрию» выгодно использовать и просто для тяжелых грузов. Ведь в ее грузовой кабине могут разместиться 16 тяжелых морских контейнеров международного стандартного типа или 80 автомобилей «Жигули». Стоимость перевозки получается на 30% дешевле, чем на «Руслане», а для взлета и посадки пригодны те же взлетно-посадочные полосы, что и для «Руслана».

Очень важная особенность Ан-225 та, что грузы на нем можно перевозить как внутри самолета, так и снаружи, закрепляя их на специальных узлах на «спине» самолета. Ведь «Буран» ни в какой гигантский фюзеляж не влезет! На «спине» «Мрия» может нести грузы длиной до 80 м и диаметром до 10 м. Этому способствует и конструкция хвостового оперения — два шайб-киля разнесены на концы стабилизатора с размахом почти 30 м, площадь его приближается к площади крыла тяжелого транспортного самолета Ил-76.

Ан-225 имеет шесть мощных двигателей Д-18Т тягой по 243 кН каждый. В баки самолета заливается топливо массой 200 т. В его конструкции использованы новые, особо прочные материалы, применены цельные крупногабаритные элементы — катаные плиты, прессованные панели, поковки и штамповки.

Все это значительно повышает надежность машины. В этом уникальном самолете много и других новшеств. Летом 1989 г. «Мрия» стала звездой авиасалонов в Ле-Бурже (Франция) и в Канаде. «Мрия» — не только самолет сегодняшнего дня, он наверняка сохранит свою роль до конца нашего века и встретит XXI век.

Навстречу новому веку на подходе и новое поколение пассажирских самолетов. Некоторые из них уже проходят летные испытания и скоро



Новый межконтинентальный пассажирский лайнер Ил-96-300, созданный под руководством генерального конструктора Г. В. Новожилова

Новый самолет для линий средней дальности Ту-204

должны принять первых пассажиров, другие скоро испытают прелесть первого полета.

В сентябре 1988 г. начались испытания самолета-аэробуса Ил-96-300. Он предназначен для дальних авиатрасс длиной 9—11 тыс. км, лайнер рассчитан на 300 пассажиров.

Эта машина придет на смену самолету Ил-62. Очень важно, что новый самолет в 2 раза экономичнее, чем Ил-62, и в 1,5 раза, чем Ил-86. Четыре турбовентиляторных двигателя ОКБ П. А. Соловьева тягой по 160 кН каждый потребляют значительно меньше топлива, чем двигатели Ил-86. Важно и то, что они создают очень мало шума.

Самолет оборудован весьма совершенной пилотажно-навигационной системой. Вся необходимая летчику информация выводится на шесть экранов-дисплеев. В конструкции самолета широко использованы новые композиционные материалы.

Трансконтинентальный Ил-96 преодолеет расстояние от Москвы до Вашингтона без промежуточной посадки. Скорость нового дальнего магистрального самолета 900 км/ч. Этот красавец самолет обещает быть весьма конкурентоспособным на мировом авиационном рынке. В апреле 1990 г. Ил-96 совершил за 8 ч перелет из Москвы на Дальний Восток на расстояние 7000 км.

Идут испытания и нового самолета для линий средней дальности — Ту-204, созданного в ОКБ им. А. Н. Туполева. Тут тоже надо прежде всего сказать об экономичности. Она на 35% выше, чем у Ту-154М.

Самолет будет перевозить 214 пассажиров на авиалиниях протяженностью 3—4 тыс. км. Предполагается, что этот самолет будет в будущем перевозить немногим меньше половины всех пассажиров Аэрофлота. Машина оснащена самыми современными электронными системами и приборами, она обладает высокой надежностью, обеспечит высокий уровень комфорта для пассажиров.



Максимально унифицирован с Ту-204 будет и проектируемый Ту-334 — стоместный самолет для линий протяженностью до 2000 км.

Полным ходом идут испытания и нового самолета ближних трасс — Ил-114. Свой первый вылет он совершил с подмосковного аэродрома в г. Жуковском 29 марта 1990 г. Он будет перевозить 60—64 пассажира на расстояние до 1 тыс. км. Два самых новых двигателя мощностью по 1 837 500 кВт (2,5 тыс. л. с.) обладают очень высокой экономичностью. Масса самолета 21 т. Он может эксплуатироваться с небольших грунтовых аэродромов. В кабине экипажа (2 чел.) вместо множества приборов — пять экранов дисплеев. Такая машина очень нужна и в районах Крайнего Севера, в Арктике и Антарктиде. Серийное производство новых машин началось на Ташкентском самолетостроительном заводе.

Этот самолет обладает всеми высокими качествами самолетов нового поколения, которым предстоит работа на грани второго и третьего тысячелетий нашей эры.

Авиация — это не только пассажиры и грузы, скорость и дальность, оборона страны: самолеты и вертолеты удобряют поля, помогают гасить лесные пожары, ведут разведку косяков рыбы, проводят суда сквозь льды, помогают регулировать движение на дорогах, обеспечивают неотложную медицинскую помощь и делают еще многое другое.

Наш XX в. стал веком полета в буквальном смысле этого слова. Авиация стала неотъемлемой частью жизни человечества.

Несколько лет назад в ОКБ им. Туполева начались работы по созданию самолетов, использующих необычные для авиации виды топлива.

На самолете Ту-155 в одном из двигателей конструкции Н. Кузнецова использовалось экологически чистое и высокоэффективное топливо — жидкий водород, охлажденный до температуры -250°C .



Другим самолетом, не загрязняющим атмосферу, может стать летательный аппарат, двигатели которого будут работать на сжиженном газе. Работа по такому экспериментальному самолету Ту-156 также ведется в старейшем отечественном ОКБ им. Туполева.

На страже нашего неба

Авиация — могучий вид вооруженных сил.

С первых дней существования советского государства непрерывно развивались, укреплялись и совершенствовались Военно-Воздушные Силы страны.

С той поры маленькие авиационные отряды, вооруженные несколькими сотнями самолетов устаревших конструкций, превратились в могучие воздушные армии, оснащенные современными самолетами. Неизменными остались лишь любовь и горячая симпатия миллионов наших людей к своим Военно-Воздушным Силам, романтическая привязанность нашей молодежи к благородной и мужественной профессии военного летчика.

В течение всей истории советского государства уделялось огромное внимание развитию военной авиации. Истребитель-биплан И-15 конструкции Н. Н. Поликарпова был замечательной для своего времени машиной. Он обладал большой скороподъемностью и высокой маневренностью. В 1938 г. на базе И-15 был создан обтекаемый истребитель-биплан с убирающимся шасси — «Чайка» (И-153).

Истребители И-15 завоевали добрую славу во время гражданской войны в Испании. Другой прославленный истребитель Поликарпова — скоростной моноплан И-16. Одним из первых получил он на вооружение реактивные снаряды РС-82.

В войне с фашистами в Испании хорошие боевые качества продемонстрировали скоростные бомбардировщики СБ. Этот самолет был построен в 1935 г. под руководством А. А. Архангельского (в коллективе А. Н. Туполева). Он обладал скоростью до 480 км/ч — большей, чем серийные зарубежные истребители того времени.

Дальний бомбардировщик ДБ-3Ф (Ил-4)



В предвоенные годы построены тысячи бомбардировщиков СБ и истребителей И-15 и И-16.

В 1935—1936 гг. под руководством А. Н. Туполева создан тяжелый скоростной бомбардировщик ТБ-7. Цельнометаллический ТБ-7 с четырьмя основными двигателями (был еще пятый, вспомогательный) имел высоту полета более 11 км. Он поднимал 4 т бомб, дальность полета достигала 4,5 тыс. км. На высоте 8 км развивал скорость до 430 км/ч.

В 1936 г. поступил на вооружение дальний бомбардировщик ДБ-3 конструкции С. В. Ильюшина. В 1939 г. на таком серийном бомбардировщике В. К. Коккинаки совершил беспрецедентный по тому времени дальний беспосадочный перелет Москва — Атлантический океан — Гренландия — Северная Америка протяженностью 8 000 км.

Более совершенными были бомбардировщики ДБ-3Ф (1938 г.) и Ил-4 (1940 г.). Они шли на вооружение АДД — авиации дальнего действия.

Активное участие в войне принял советский пикирующий бомбардировщик Пе-2 конструкции В. М. Петлякова. За время войны было построено 11 тысяч таких машин. Созданный накануне войны, по скорости и высоте полета он превосходил немецкий пикирующий бомбардировщик Ю-88.

В 1939—1941 гг. в нашей стране была проведена большая работа по увеличению выпуска авиационной техники, созданию новых образцов боевых самолетов. Начался серийный выпуск штурмовиков Ил-2, новых истребителей — Як-1, МиГ-1 и его модификации МиГ-3, ЛаГГ-3. Як-1 был очень легким истребителем, удобным в пилотировании. Он развивал скорость до 585 км/ч, имел на вооружении два пулемета и пушку. МиГ-3 был высотным скоростным истребителем, особенно хорошо приспособленным для целей противовоздушной обороны (скорость 650 км/ч на высоте 7000 м).

Труженики тыла дали тогда авиаторам десятки тысяч совершенных по тому времени самолетов. Мы уже упоминали о знаменитых штурмовиках Ильюшина Ил-2. За годы войны фронт получил 41 129 только этих самолетов.

Эта цифра ярко свидетельствует о роли Ил-2 во время войны. Он



положил начало созданию нового класса боевой авиации и породил новую тактику ее применения.

Штурмовики не только уничтожали танки, они громили колонны войск врага, разрушали мосты и переправы, подавляли артиллерию и уничтожали транспорт. Не случайно под Москвой, на высоком берегу реки Истры, воздвигнут памятник самолету Ил-2. Так увековечен труд его создателей и героизм советских летчиков-штурмовиков.

Мощная броня отличала этот необычный самолет — она защищала кабину летчика и жизненно важные агрегаты самолета. В течение всей войны машина продолжала совершенствоваться. К началу 1943 г. «Илы» стали вооружаться двумя 37-миллиметровыми пушками, противотанковыми бомбами кумулятивного действия. Еще раньше на Ил-2 появились пусковые установки для реактивных снарядов.

На базе Ил-2 позднее был создан новый штурмовик Ил-10. Он имел значительно меньшее лобовое сопротивление, его скорость достигала 550 км/ч. В крыле самолета были установлены четыре скорострельные пушки, еще одна — на турели. Новые «Илы» строились серийно с конца 1944 г. Они использовались в заключительных операциях Великой Отечественной войны, широко применялись в битве за Берлин.

В 1943 г. на базе самолета Як-1 создали Як-3 — самый легкий и маневренный истребитель второй мировой войны. Он развивал скорость до 720 км/ч.

Большую роль в воздушных сражениях Великой Отечественной войны сыграли также истребители Як-9 и Ла-5. Они впервые приняли участие в боях под Сталинградом в ноябре 1942 г. Ла-5 был вооружен двумя 20-миллиметровыми пушками и превосходил по скорости немецкие истребители. Як-9 стал самым массовым советским истребителем во время войны — было выпущено 16 769 таких самолетов.

В 1943 г. началось серийное производство нового бомбардировщика А. Н. Туполева Ту-2.

Эта машина сочетала высокую скорость полета (больше, чем у вражеских истребителей) со значительной дальностью. Она очень хорошо зарекомендовала себя в последние годы войны. Кроме основных модификаций — фронтового и пикирующего бомбардировщика, Ту-2 выпус-



Штурмовики Ил-2



Истребители Як-9 направляются на боевое задание



Бомбардировщик Ту-2



кался в вариантах скоростного дальнего бомбардировщика, фоторазведчика, штурмовика, торпедоносца.

Сразу же после войны началась интенсивная работа по перевооружению нашей боевой авиации реактивными самолетами. Появился истребитель МиГ-9 конструкции А. И. Микояна и М. И. Гуревича с двумя расположенными в фюзеляже реактивными двигателями. Он развивал скорость 900 км/ч и достигал высоты 13 000 м.

В тот же день, что и МиГ-9, — 24 апреля 1946 г. — поднялся в воздух первый реактивный истребитель А. С. Яковлева — Як-15, а вслед за ним — реактивные истребители С. А. Лавочкина — Ла-150 и Ла-160 — первый советский самолет со стреловидным крылом.

В 1947 г. начался серийный выпуск самолета МиГ-15 фронтального истребителя со стреловидным крылом и мощным реактивным двигателем. МиГ-15 был вооружен одной 37-миллиметровой и двумя 23-миллиметровыми пушками.

Многие зарубежные специалисты считали, что по маневренным и боевым качествам эти самолеты превосходили основной американский истребитель того времени F-86 («Сейбр»).

Широкую известность приобрел в свое время советский реактивный истребитель МиГ-17. В конце 1949 — начале 1950 г. на МиГ-17 — впервые в мире на серийном боевом самолете — была неоднократно превышена скорость звука в горизонтальном полете.

В ОКБ Яковлева был создан двухместный ночной всепогодный истребитель-перехватчик с двумя реактивными двигателями — Як-25. Впервые в нашей стране он был оснащен мощной радиолокационной аппаратурой.

Одним из первых тяжелых реактивных самолетов был бомбардировщик и торпедоносец Ту-14, а первым реактивным фронтальным бомбардировщиком — Ил-28 (1948 г.). Ил-28 отличали высокие боевые и летные качества и простота конструкции. Это и определило «многогранность» самолета, который многие годы находился на вооружении. Он был прост в пилотировании, имел надежную броневую защиту, развивал скорость более 900 км/ч.

Весьма совершенным боевым самолетом был дальний бомбардиров-



Истребитель
МиГ-21

щик Ту-16, снабженный двумя турбореактивными двигателями АМ-3 конструкции А. А. Микулина. Ту-16 послужил прототипом для пассажирского Ту-104, на его базе был создан и новый самолет-ракетоносец.

Важной вехой отечественного послевоенного самолетостроения стал первый сверхзвуковой самолет МиГ-19. Этот истребитель с тонким крылом большой стреловидности, двумя реактивными двигателями, расположенными в фюзеляже, был также и первым отечественным сверхзвуковым ракетоносцем, вооруженным управляемыми ракетами класса «воздух — воздух». Самолет взлетал с мощным пороховым ускорителем и с катапультной установкой.

Отличные реактивные бомбардировщики А. Н. Туполева и С. В. Ильюшина, самолеты А. С. Яковлева и П. О. Сухого поступали в ВВС, увеличивая боевое могущество нашей авиации. Широко известен сверхзвуковой истребитель с треугольным крылом — МиГ-21 — конструкции А. И. Микояна. Установленный на этом самолете реактивный двигатель, созданный ОКБ генерального конструктора С. К. Туманского, по габаритам, массе и удельной тяге не имел себе равных в мире. На различных модификациях МиГ-21 устанавливались и другие двигатели со значительно большей тягой (около 100 кН). Самолет вооружен двумя пушками и ракетами «воздух — воздух» или «воздух — поверхность» с тепловым или радионаведением. МиГ-21 — самолет-долгожитель. В течение 28 лет было выпущено более 20 модификаций этих машин. Самолет установил 17 мировых рекордов.

Большое количество рекордов установлено и на многих других самолетах, созданных в ОКБ им. А. И. Микояна. На самолете Е-66А Г. К. Мосолов достиг рекордной высоты полета — 34 714 м. На самолете Б-166 он же в 1962 г. установил абсолютный мировой рекорд скорости — 2681 км/ч. В 1967 г. серийный самолет Е-266 конструкции А. И. Микояна с нагрузкой 2 т прошел замкнутый тысячекилометровый маршрут со скоростью 2910 км/ч. На этом всепогодном истребителе А. В. Федотов поднял груз массой 2 т на высоту более 20 км, установив новый мировой рекорд. А всего на этом тяжелом истребителе-перехватчике, оснащенный двумя двигателями тягой по 110 кН каждый, до 1978 г. было установлено 25 мировых рекордов скорости, высоты и скороподъемности.

Скорость, высота, дальность — девиз военной авиации. Однако в последние годы к военным самолетам предъявляются все более универсальные, часто противоречивые требования.

Совершенно необходима высокая скорость, чтобы быстро настигнуть, своевременно перехватить противника, осуществить успешный боевой маневр. Но тот же самолет должен «уметь» летать и медленно: при посадке на аэродром, особенно на полевой, во время барражирования в ожидании противника, при дальних перегоночных перелетах для экономии горючего.

На разных скоростях самолет по-разному обтекается встречным воздушным потоком, более или менее приемлемыми становятся разные аэродинамические формы. Подробнее об этом читатели узнают в третьей главе. Здесь же только отметим, что наша авиационная промышленность, ученые и конструкторы учли эти противоречивые требования. Еще 3 июля 1967 г. на большом авиационном празднике в Домодедове среди каскада новинок авиационной техники демонстрировались два самолета с крылом изменяемой в полете стреловидности. Крыло самолета, пилотируемого Е. Кукушевым, при взлете имело небольшой угол стреловидности. Это позволило сверхзвуковому боевому самолету взлететь с небольшим разбегом. Но сразу после разбега летчик установил крыло на максимальную стреловидность, и машина быстро набрала большую скорость.

Другой самолет с крылом изменяемой стреловидности — первый в мире легкий самолет этого типа. Многоцелевой истребитель с изменяемой стреловидностью крыла пилотировал во время праздника в Домодедове Герой Советского Союза А. В. Федотов. На большой скорости крылья самолета буквально прижались к фюзеляжу, и самолет превратился почти в треугольник. Когда крыло развернуто, оно становится почти прямым. В таком состоянии самолет может садиться на ограниченную площадку, совершать длительный полет на большую дальность.

Многоцелевой истребитель МиГ-23 с изменяемой в полете стреловидностью крыла и боковыми воздухозаборниками вооружен двухствольной пушкой калибра 23 мм, управляемыми и неуправляемыми ракетами и бомбами. Он находится на вооружении Российских Военно-Воздушных Сил.

Итак, скорость самолета должна быть и большой, и малой. Это же требование относится и к высоте полета. Теперь уже недостаточно стремиться «все выше, и выше, и выше», как поется в песне. Дело в том, что радиолокаторы противовоздушной обороны обнаруживают самолеты, летящие на больших и средних высотах, задолго до подхода к полю боя или объекту атаки.

Самолет же, летящий на малой высоте, благодаря сферической форме земной поверхности радиолокационные станции способны «увидеть» лишь на небольшом расстоянии. Если же такой самолет обладает еще и большой скоростью у земли, то у противника остается очень мало времени для отражения атаки.

Появление современных боевых ракет и быстрое совершенствование этого грозного оружия, обладающего высокой степенью неуязвимости и большой точностью нанесения удара, не умалило значения авиации.

Для поражения многих целей по-прежнему необходимы самолеты. Да



и сама авиация стала ракетноносной: на ее вооружение поступили ракеты классов «воздух — воздух» и «воздух — земля».

Присутствие на борту самолета опытного летчика не только обеспечивает выполнение задания в соответствии с заранее установленной программой, но и позволяет мгновенно изменять ее применительно к быстро меняющейся обстановке, отыскивать и поражать малозаметные и недостаточно разведанные цели.

Самолетами фронтовой авиации, призванной непосредственно поддерживать боевые действия войск, являются главным образом истребители-бомбардировщики. Это наследники наших «летающих танков» — штурмовиков. Они способны поражать наземные цели и вести борьбу с авиацией противника в воздухе. В нашей стране создан ряд самолетов этого типа — Су-22, Су-76, Су-17 и др. Фронтовым бомбардировщиком является самолет Су-24, мощный бомбардировщик — Ту-22.

В сентябре 1988 г. весь мир заговорил о советском фронтовом истребителе завоевания превосходства в воздухе МиГ-29, показанном на международном авиационном салоне в Фарнборо (Англия). Первый экземпляр этой машины был поднят в воздух еще 6 октября 1977 г. МиГ-29 — один из самых совершенных современных самолетов этого класса. Взлетная масса самолета 15 т, максимальная скорость 2450 км/ч, и в то же время он может летать на очень малых скоростях. Практический потолок — 17 км. Два турбовентиляторных двигателя обеспечивают высокую тяговооруженность, при которой тяга двигателей превышает взлетную массу самолета. Наличие двух двигателей (что не совсем обычно для самолета такого класса) повышает его надежность. При выходе одного двигателя из строя самолет способен не только продолжать полет, но и вести воздушный бой.

МиГ-29 построен по так называемой интегральной аэродинамической схеме, когда подъемную силу создает не только крыло, но и центроплан,



т. е. фюзеляжа в обычном понимании этого слова у самолета нет. В конструкции самолета наряду с алюминиевыми сплавами применены легкие и прочные композиционные материалы.

На вооружении МиГа 30-миллиметровая пушка большой скорострельности, до 6 управляемых ракет «воздух — воздух», в том числе ракеты средней дальности радиолокационного наведения и ракеты ближнего действия с реагирующими на тепловое излучение инфракрасными головками самонаведения. Для поражения наземных целей используются неуправляемые ракеты разного калибра и бомбы. Специалисты разных стран в Фарнборо дали высокую оценку системе управления вооружения на этом самолете. Она состоит из трех самостоятельных систем, взаимодействующих через бортовую ЭВМ. Радиолокационная станция позволяет обнаружить цель на расстоянии до 100 км и обладает высокой эффективностью захвата цели, вторая система — оптико-электронная, и, наконец, третья система — так называемое нацеленное целеуказание. Когда летчик поворачивает голову вслед за целью, эта система воспринимает движение головы и поворачивает в том же направлении головки ракет.

Самолет МиГ-29 обладает высокой боевой эффективностью и надежностью, на авиасалонах в Фарнборо и Бурже МиГ-29 показал исключительно высокую маневренность. Специалисты единодушно отмечают большие возможности дальнейшего совершенствования этой машины. Самолету МиГ-29 суждена долгая жизнь.

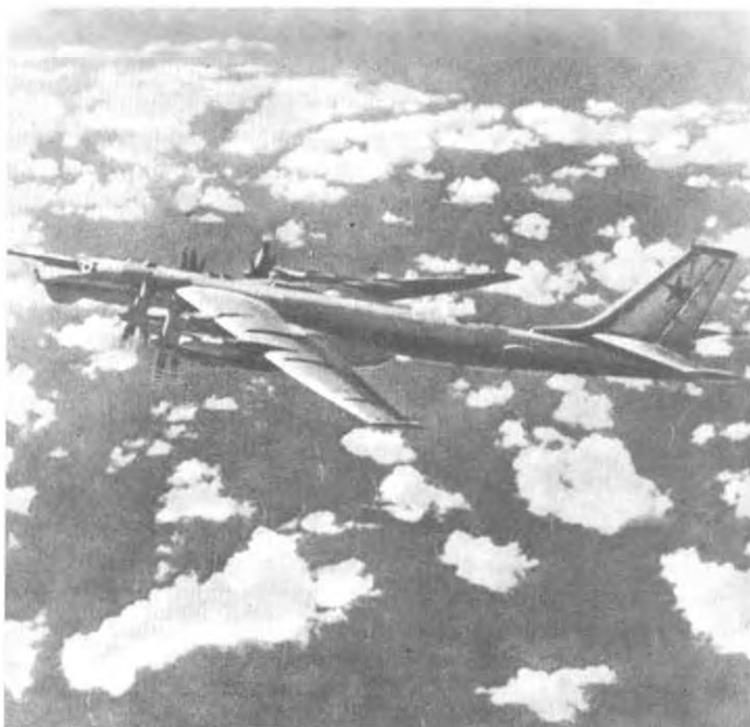
Основу ядерного оборонительного щита нашей страны вместе с ра-

Истребитель МиГ-29 —
один из лучших в мире



Дальние скоростные
ракетоносцы Ту-22М

Дальний бомбардиров-
щик Ту-95





Стратегический бомбардировщик четвертого поколения Ту-160

Самолет-амфибия «Альбатрос» на взлете

кетными войсками стратегического назначения и атомными подводными лодками составляют самолеты дальней авиации.

Тяжелые дальние ракетоносцы способны поражать наземные и морские цели, не заходя в зону противовоздушной обороны противника. В нужный момент ракета отделяется от самолета и летит за сотни километров точно в цель. Это и хорошо известные Ту-95 и скоростные Ту-22М. В 1992 г. на «Мосаэрошоу-92» и авиасалоне в Фарнборо был впервые показан мощный многоцелевой бомбардировщик-ракетоносец Ту-22М3.

Летом 1989 г. были впервые обнародованы данные о стратегическом бомбардировщике четвертого поколения Ту-160. Этот самолет с крылом изменяемой геометрии имеет взлетную массу 275 т, скорость 2200 км/ч, максимальную дальность полета 12000 км. Он оснащен современным навигационным и прицельным оборудованием и может доставлять крылатые ракеты, ядерные и обычные бомбы в любую точку земного шара с большой точностью.

Одна из важнейших задач бомбардировочной авиации — уничтожение средств ядерного нападения противника, т. е. поражение стартовых позиций его ракет, самолетов-носителей на аэродромах, ударных авианосцев, вооруженных ракетами атомных подводных лодок, складов ядерного оружия.

Для борьбы с подводными лодками противника применяются специальные самолеты противолодочной обороны. Они способны длительное время находиться в патрульных полетах над морскими просторами. Их обычно высоко расположенные крылья и двигатели дают возможность самолету садиться на воду, несмотря на волнение на море. Эти машины имеют и колесное шасси, что позволяет использовать их с сухопутных аэродромов.



На авиационном празднике в Тушине в августе 1989 г. внимание привлек гидросамолет — летающая лодка «Альбатрос». Это большой самолет, главное назначение которого — поисково-спасательные работы на морях. На нем можно разместить до 60 пассажиров, самолет имеет большой радиус действия. Модификации самолета можно будет использовать для освоения морских богатств. Этот самолет привлек всеобщее внимание на авиасалоне в Бурже (Франция) в 1991 г.

Сверхзвуковые самолеты-перехватчики с мощным вооружением — важнейшее оружие противовоздушной обороны страны. Современный перехватчик должен обладать максимальной скороподъемностью, большим радиусом действия, способностью дозаправки топливом в воздухе, большой скоростью полета, мощным вооружением. Один из самых совершенных самолетов-перехватчиков — Су-27. Его отличные боевые качества во многом определяются установленными на самолете двумя турбореактивными двигателями, изготовленными в НПО «Сатурн» (генеральный конструктор В. М. Чепкин), создателем которого был изобретатель ТРД, знаменитый конструктор академик А. М. Люлька.

Самолет Су-27 создан под руководством М. П. Симонова, возглавляющего ныне ОКБ им. П. О. Сухого. На облегченном варианте этого самолета П-42 установлен 21 мировой рекорд. В том числе рекорд скороподъемности, что особенно важно для перехватчика. На высоту 30 км он взвился за 25,4 с. Нормальная взлетная масса самолета 22 т, максимальная — 30 т, практический потолок свыше 18 км, максимальная дальность полета до 4000 км. Он вооружен десятью управляемыми ракетами класса «воздух — воздух» и пушкой калибра 30 мм.

Су-27 стал подлинной сенсацией на авиасалоне 1989 г. в Бурже.

Современный штурмовик Су-25



Истребитель-перехватчик Су-27 не имеет себе равных



МиГ-29 на палубе авианосца





Боевой вертолет Ми-28 на авиасалоне в Ле-Бурже

Сверхманевренность и высокая надежность этого самолета произвели огромное впечатление.

Грозное оружие нашей противовоздушной обороны — истребители-перехватчики МиГ-25 и МиГ-31.

МиГ-31 еще недавно был строго засекречен. Этот мощный тяжелый (взлетная масса более 40 т) перехватчик способен долго находиться в воздухе, встречать противника на дальних подступах (при испытаниях самолет долетал до Северного полюса), развивать скорость до 3 тыс. км/ч. Он способен уничтожать низко летящие крылатые ракеты, чего не могут сделать многие другие истребители. Перехватчик имеет мощное вооружение — ракеты большой, средней и малой дальности, а также пушку.

Очень большое значение приобрела военно-транспортная авиация.

С поступлением на вооружение самолетов Ан-22, Ан-124 и Ил-76 военно-транспортная авиация получила возможность перебрасывать по воздуху практически все виды боевой техники, включая тяжелые танки и ракетные комплексы.

Для непосредственной поддержки войск на поле боя по-прежнему большое значение имеют самолеты-штурмовики. Известны высокие боевые качества штурмовика Су-25. На самолете применена броня из титановых сплавов, он вооружен бомбами, неуправляемыми ракетами, тяжелыми управляемыми ракетами, пушкой калибра 30 мм.

В отличие от времен второй мировой войны теперь очень важную роль в военной авиации стали играть и вертолеты. Вертолет Ми-28 обладает большой живучестью, его кабина защищена броней, на вооружении этой машины — управляемые и неуправляемые ракеты, скорострельная пушка. На авиасалоне в Фарнборо (1992 г.) был показан новый российский боевой вертолет Ка-50 с мощным разнообразным вооружением, который намного превосходит зарубежные машины.

Важную роль играет авиация и в Военно-Морском Флоте.

Еще в конце 60-х годов были построены вертолетоносцы «Ленинград» и «Москва», которые находятся в составе Черноморского флота, их назначение — борьба с подводными лодками. Авианесущие корабли типа «Киев» вооружены самолетами вертикального взлета и вертолетами. Недавно вошел в строй авианосец — тяжелый авианесущий крейсер «Адмирал флота Кузнецов», спущен на воду и второй подобный корабль.

Палуба этого корабля имеет длину около 300 м и ширину более 70 м. Своеобразный, «задранный» кверху нос служит трамплином для взлета истребителей. Авианосец может нести самолеты Су-27 и МиГ-29, а также вертолеты. В его огромном ангаре размещается около 60 летательных аппаратов. На палубу они доставляются двумя мощными подъемниками.

Ракетоносная, всепогодная, сверхзвуковая авиация — надежный щит Родины, зоркий страж нашего неба.

2 Вертолет — машина универсальная

Тысячи вертолетов — от совсем маленьких, массой в несколько десятков килограммов, до мощных многотонных гигантов — бороздят просторы воздушного океана.

В отличие от самолета вертолет не нуждается в аэродромах. Он может взлететь вертикально без разбега и так же сесть, висеть в воздухе на одном месте и перемещаться горизонтально с различными скоростями. Эти свойства вертолета делают его очень ценной, порой незаменимой машиной.

Вертолеты перевозят грузы и пассажиров в отдаленные селения, расположенные среди гор или лесов, обнаруживают в море косяки рыбы, помогают спасать людей при наводнениях и бороться с лесными пожарами. С помощью вертолетов ведут борьбу с вредителями полей и сорняками, производят геофизические и гравиметрические съемки местности, проверяют исправность высоковольтных линий электропередач. В последние годы вертолеты систематически используются в качестве подъемных кранов на стройках, при укладке трубопроводов и т. п.

Вертолеты стали важной составной частью военно-воздушных сил в большинстве стран мира.

Ученым Советского Союза принадлежит честь создания научной теории вертолетов, без которой были бы немыслимы успехи современного вертолетостроения. В СССР были построены первые действительно летавшие вертолеты. Конструкторы, инженеры и рабочие авиационной промышленности создали много различных типов весьма совершенных вертолетов, а наши летчики установили на этих машинах много мировых рекордов скорости, высоты и грузоподъемности.

Немного истории

Пожалуй, большинство читателей считают вертолет младшим братом самолета. И действительно, вертолеты начали прочно входить в жизнь человечества лишь четыре десятилетия назад, после второй мировой войны. А самолеты более 75 лет назад активно участвовали в первой мировой войне и уже в те годы достигли определенной степени совершенства — вспомним «Илью Муромца».

Однако первые идеи создания летательных аппаратов тяжелее воздуха, первые практически разработанные проекты и построенные модели таких аппаратов относятся не к самолетам, а к вертолетам. В конце XIX в. была опубликована найденная в миланской библиотеке рукопись Леонардо да Винчи с эскизным рисунком и описанием первого «вертолета». Великий

ЦАГИ-1А — первый в мире по-настоящему летавший вертолет



флорентиец представил его себе в виде большого воздушного винта (проволочный каркас, обтянутый накрахмаленной парусиной), приводимого в движение мускульной энергией человека. Рукопись эта датируется 1475 г.

В 1754 г. М. В. Ломоносов впервые в мире построил натурную модель вертолета. Часовая пружина приводила в движение два винта (видимо, модель была выполнена как вертолет соосной схемы). В годовом отчете за 1754 г. Ломоносов пишет, что цель этой работы — создать машину, которая, «поднимаясь кверху сама, могла бы поднять маленький термометр, дабы узнать градус теплоты на высоте».

В последующие годы в разных странах было предложено немало проектов вертолетов. Конечно, крайне несовершенных на современный взгляд. Отсутствие теоретических разработок делало все эти предложения малоперспективными.

Основы теории вертолета были заложены в начале нашего века Н. Е. Жуковским. Особенно большой вклад в этот раздел авиационной науки сделан Б. Н. Юрьевым. Ему же принадлежит ряд практических изобретений в области вертолетов.

В 1911 г. Б. Н. Юрьев, в то время студент Московского высшего технического училища, изобрел остроумный механизм для управления вертолетом — автомат перекоса, который применяется теперь во всем мире, почти на всех вертолетах. В этом же году Б. Н. Юрьевым была предложена схема одновинтового вертолета с рулевым винтом-компенсатором. Дело в том, что под действием так называемого реактивного крутящего момента при вращении несущего винта корпус вертолета тоже начинает вращаться, только в противоположную сторону. Этот реактивный момент был известен еще Ломоносову. Поэтому в его «аэродромической машинке» имелось два винта, вращающихся в разные стороны, — реактивные моменты винтов взаимно уравнивались. Такой способ применяется на вертолетах некоторых схем и сейчас.

Вертолет по одновинтовой схеме с рулевым винтом-компенсатором, предложенный Б. Н. Юрьевым, был построен под его руководством воздухоплавательным кружком студентов Московского высшего технического училища и демонстрировался в 1912 г. в Московском манеже на Международной выставке автомобилизма и воздухоплавания. Автор проекта был награжден золотой медалью за «прекрасную теоретическую

разработку проекта и его конструктивное осуществление». В наше время вертолеты, построенные по этой схеме, получили наибольшее распространение.

До 1930 г. никому не удавалось построить вертолет, способный подниматься на значительную высоту. Вертолеты поднимались в то время лишь на несколько десятков метров и держались в воздухе считанные минуты.

После большой исследовательской работы и тщательного рассмотрения ряда проектов в 1930 г. в Москве в ЦАГИ был построен вертолет: одновинтовой схемы ЦАГИ 1-ЭА. Это одноместная машина с одним несущим винтом и четырьмя небольшими рулевыми винтами для уравновешивания реактивного момента. На вертолете были установлены два двигателя М-2 мощностью по 88,2 кВт (120 л. с.). Это первый в мире по-настоящему летавший вертолет. Одним из его конструкторов и первым пилотом был А. М. Черемухин. В августе 1932 г. он поднялся на ЦАГИ 1-ЭА на высоту 600 м. Это был выдающийся для того времени успех. Достаточно сказать, что официально зарегистрированный в то время мировой рекорд высоты полета на вертолете (итальянский вертолет Асканио) составлял всего... 18 м.

Вслед за первым советским вертолетом последовали другие, в том числе созданный в 1938 г. под руководством известного авиаконструктора И. П. Братухина ЦАГИ 11-ЭА. Это был первый комбинированный вертолет, который, кроме несущего винта, имел крыло и тянущие винты.

Как устроен вертолет

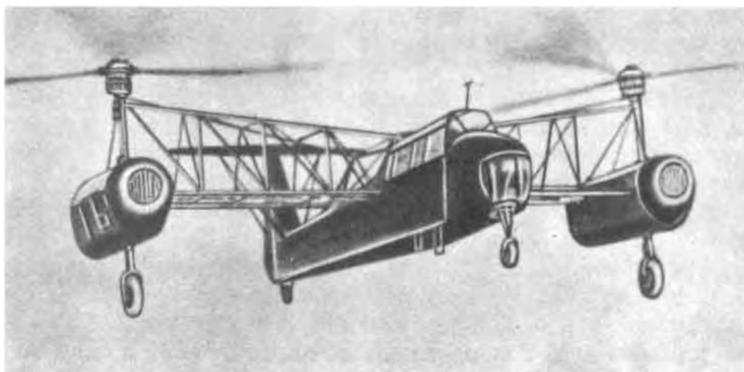
Вертолеты классифицируют прежде всего по схеме несущей системы. Мы уже рассказывали об одновинтовой схеме с дополнительным компенсирующим винтом, предложенной Б. Н. Юрьевым. По этой схеме во всем мире построено большое количество вертолетов, в частности машины, созданные под руководством генерального конструктора М. Л. Миля и его приемников генеральных конструкторов М. Н. Тищенко и М. В. Вайнберга.

Вертолеты одновинтовой схемы отличаются относительной простотой конструкции и системы управления. Есть у них, однако, и недостатки: увеличенные размеры из-за длинной хвостовой балки, на которой устанавливается компенсирующий винт, и потеря части мощности двигателей для привода этого винта. Ведь он только компенсирует реактивный момент несущего винта, не производя полезной работы.

В вертолетах различных схем с двумя несущими винтами реактивный крутящий момент погашается без потери дополнительной мощности. Для этого несущие винты должны вращаться в противоположные стороны с одинаковой скоростью, взаимно уравновешивая крутящие моменты.

У двухвинтовых вертолетов продольной схемы несущие винты расположены один за другим — tandem вдоль продольной оси фюзеляжа. Чтобы уменьшить влияние вращающихся винтов друг на друга, задний винт обычно располагают так, чтобы плоскость его вращения была

Вертолет «Омега» конструкции И. П. Братухина



несколько выше. А чтобы уменьшить размеры вертолета, винты иногда располагают с некоторым перекрытием плоскостей вращения.

Вертолеты продольной двухвинтовой схемы строились в некоторых зарубежных странах. В Советском Союзе тяжелый вертолет такой схемы был создан под руководством генерального конструктора А. С. Яковлева. Вертолеты Як-24 выпускались серийно в разных модификациях.

Главное достижение машин двухвинтовой продольной схемы — хорошая весовая отдача, большой объем фюзеляжей, удобный для размещения крупногабаритных грузов. Однако есть у них и свои недостатки: сложность конструкции трансмиссии и системы управления вертолетом, необходимость весьма точной синхронизации вращения винтов.

В 40-х годах под руководством доктора технических наук И. П. Братухина в СССР строились двухвинтовые вертолеты поперечной схемы. У этих машин поперек фюзеляжа имеется специальная ферма или крыло, на котором устанавливаются два вращающихся в разные стороны несущих винта. Именно по такой схеме был построен огромный В-12.

Вертолеты соосной схемы строятся в разных странах. В нашей стране по этой схеме сконструированы Ка-15, Ка-18, Ка-26, Ка-32, Ка-126 и другие вертолеты ОКБ, которым руководил главный конструктор Н. И. Камов (ныне руководитель ОКБ — С. В. Михеев). Вертолеты этой схемы имеют два винта, расположенных как бы на одной оси, — вал одного винта находится внутри полого вала второго винта. Винты вращаются с одинаковой скоростью в разные стороны. Чтобы предохранить лопасти верхнего и нижнего винтов от столкновения, их надо располагать один над другим.

Особенно ценное качество соосных вертолетов — небольшие размеры и хорошая маневренность. Это делает их незаменимыми для корабельной авиации. Как и все двухвинтовые вертолеты, их отличает, однако, сложность конструкции и системы управления.

Существуют также вертолеты с реактивным приводом несущего винта. У них не возникает проблемы гашения реактивного крутящего момента, так как силы сопротивления воздуха вращающемуся винту гасятся, уравновешиваются тягой реактивных двигателей или сопел, установленных на концах лопастей. Вертолеты этого типа бывают с компрес-

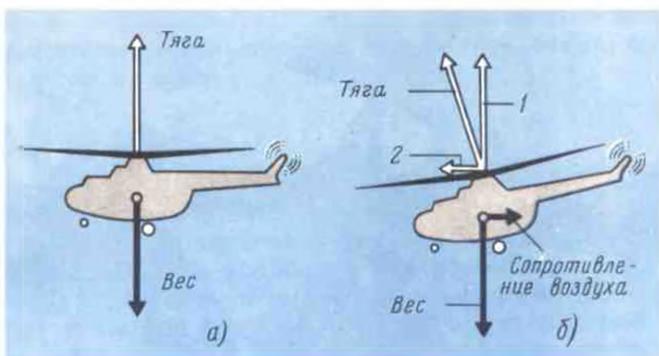


Схема сил, действующих на вертолет (1 — подъемная сила; 2 — направление полета)

сорным приводом — в этом случае к соплам на концах лопастей подводится сжатый воздух или газ от компрессоров или генератора газа, установленных в фюзеляже. Второй вариант — когда малогабаритные реактивные двигатели установлены непосредственно на концах лопастей, а к ним подводится через пустотелые лопасти топливо. Вертолеты этого типа имеют ряд преимуществ, но отличаются большой сложностью конструкции втулки и лопастей винта. Есть у них и другие недостатки.

Благодаря чему вертолет летит в том или ином направлении, как он поворачивается?

Постараемся представить себе основные силы, действующие на вертолет, чтобы понять, как управляется эта машина (см. рисунок). На рисунке *а* вы видите схему вертолета, поднимающегося вертикально вверх. Сила тяжести пытается прижать машину к земле, тяга несущего винта преодолевает ее действие и заставляет вертолет подниматься.

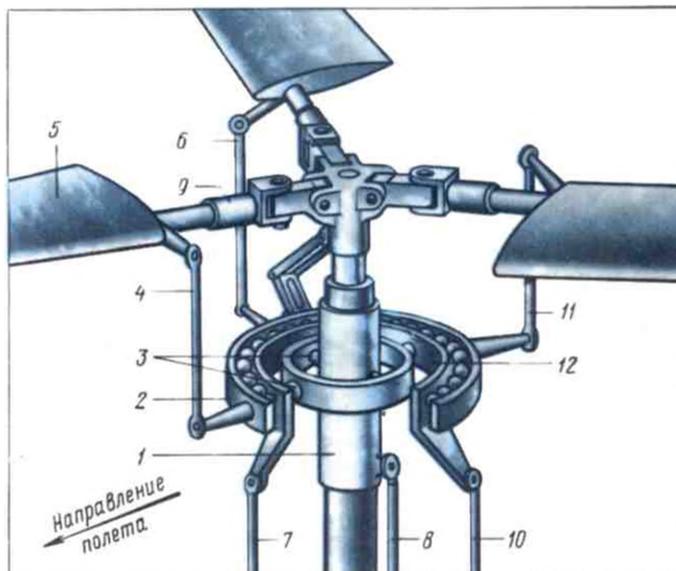
Попробуем наклонить на некоторый угол плоскость вращения несущего винта (обычно для этого наклоняют весь вертолет). Теперь сила тяги действует под углом к вертикали (см. рисунок *б*) и разлагается на две составляющие: силу *1*, направленную по вертикали вверх (она позволяет вертолету преодолевать силу тяжести машины и держаться в воздухе), и силу *2*, направленную горизонтально (она позволяет вертолету преодолевать сопротивление воздуха и перемещаться в горизонтальном направлении).

Так вертолет получает возможность перемещаться не только вверх и вниз, но и по горизонтали. Но как добиться, чтобы вертолет перемещался именно в ту сторону, куда нужно летчику? Из рисунка ясно, что для этого нужно наклонить вертолет в ту сторону, куда он должен лететь. Как это сделать в воздухе?

Подъемная сила у вертолета создается лопастями несущего винта. Чем больше угол между горизонтом и передней кромкой лопасти, тем больше подъемная сила. Правда, как и в случае с крылом самолета, только в известных пределах: при так называемом критическом угле атаки наступает срыв воздушного потока и подъемная сила резко падает.

Изменяя с помощью специального механизма угол установки лопастей (делая его различным у разных лопастей), можно получить разницу в подъемной силе лопастей и таким образом наклонить вертолет,

Схема работы автомата пере-
косо: 1 — основание авто-
мата перекоса; 2 — наружное
кольцо; 3 — ось карданной
подвески; 4, 6, 7, 8, 10 и
11 — тяги; 5 — лопасть; 9 —
осевой шарнир; 12 — внут-
реннее кольцо



«наклонить» силу тяги несущего винта в ту или иную сторону, а значит, и заставить вертолет перемещаться в нужном направлении.

Остроумнейший механизм для выполнения этой сложной функции — автомат перекоса — изобрел Б. Н. Юрьев.

Посмотрим, как он работает. На схеме (см. рисунок) изображены автомат перекоса и втулка винта.

Внутреннее неподвижное кольцо 12 автомата перекоса при помощи так называемой карданной подвески (на рисунке видны оси 3 карданной подвески) крепится к кожуху вала. Наружное кольцо 2 автомата перекоса с помощью шарикоподшипников соединено с внутренним неподвижным кольцом и может вращаться. Тягами 4, 6 и 11 наружное кольцо соединено с лопастями несущего винта и вращается вместе с ними и валом винта.

Потянув с помощью ручки управления тягу 7 (одновременно подается вверх тяга 10), летчик наклоняет вперед неподвижное, а вместе с ним и подвижное кольца автомата перекоса. Тяга 4 подается вниз, лопасть 5 поворачивается относительно осевого шарнира 9, угол установки лопасти уменьшается, и подъемная сила также уменьшается.

У двух других лопастей угол установки, наоборот, увеличивается (тяги 11 и 6 при наклоне кольца автомата перекоса подаются вверх). Разница в подъемной силе лопастей заставляет вертолет наклониться. Поскольку винт вращается, угол установки лопастей будет меняться периодически. Меньший угол будет каждый раз у той лопасти, которая в данный момент находится впереди, пока, воздействуя на ручку управления, летчик не изменит наклона колец автомата перекоса.

Если же летчик воздействует на вторую ручку — рычаг общего шага, — опускается или поднимается тяга 8, а вслед за ней основание 1 автомата перекоса вместе с внутренним и наружным кольцами. Это вызывает

общее изменение угла установки, одинаковое у всех лопастей, и соответственное изменение силы тяги винта, без наклона этой силы в ту или другую сторону.

Труженики неба

Более четырех десятилетий назад появился первенец советского серийного вертолетостроения — Ми-1. Миллионы часов налетали эти маленькие машины конструктора М. Л. Миля. Ми-1 применялись в лесном и сельском хозяйстве, для перевозки почты и пассажиров.

В 1957 г. вертолеты Ми-1 строились в Польше. Нашими и польскими летчиками на этих машинах было установлено 23 мировых рекорда.

Следующим советским серийным вертолетом одновинтовой схемы стал получивший широкую известность вертолет Ми-4. В 1958 г. на Всемирной выставке в Брюсселе эта машина была удостоена золотой медали.

Она выпускалась в транспортном, пассажирском, санитарном и сельскохозяйственном вариантах. Вертолет экспортировался в значительных количествах в 34 страны мира. Он обслуживал вертолетные авиалинии на Черноморском побережье Кавказа, в Крыму, Средней Азии, Дагестане, на Дальнем Востоке. Ми-4 широко использовался нефтяниками, геологами, строителями.

В шестидесятые годы в ОКБ М. Л. Миля были созданы легкие и средние вертолеты, имевшие по два турбовинтовых двигателя. Это позволило значительно улучшить характеристики машин, повысить их надежность, безопасность, комфортабельность.

Так, например, вертолет Ми-2, серийный выпуск которого начался в 1966 г., похож на Ми-1. У них примерно одинаковые размеры. Весьма схожи турбовинтовой Ми-8 и его предшественник Ми-4. Но благодаря небольшим по размерам, легким и в то же время мощным газотурбинным двигателям заметно улучшились данные этих вертолетов по сравнению с их прототипами. Ми-2 берет на борт 8 пассажиров вместо 2—3 на Ми-1. А Ми-8 рассчитан на 28—32 пассажира (на Ми-4 только 11—12). Машины имеют большую скорость, они значительно экономичнее прежних.

Наличие двух двигателей значительно повышает безопасность полетов. С полной нагрузкой вертолет Ми-2 может продолжать полет на одном двигателе. Электротермическая противообледенительная система и система отопления кабины позволяют эксплуатировать Ми-2 в Арктике и Антарктиде. В сельскохозяйственном варианте его работа обходится вдвое дешевле, чем работа Ми-1, а производительность машины почти в 5 раз выше. На этом вертолете был установлен мировой рекорд скорости для легких вертолетов по 100-километровому замкнутому маршруту — 257 км/ч.

Конструкторы ОКБ М. Л. Миля позаботились и о нуждах санитарной авиации. Ми-2 в санитарном исполнении вмещает четверо носилок с больными и кресло для врача или медсестры, а Ми-8 может быть превращен в небольшой летающий госпиталь — он поднимает 12 носилок с больными и имеет место для медработника.



Вертолет-кран Ми-10

Ми-8 вдвое превосходит Ми-4 по коммерческой нагрузке, объему пассажирской или грузовой кабины и по скорости полета. А основные габариты — диаметры несущего и хвостового винтов, высота, длина и ширина машины вместе с винтами — у Ми-8 и Ми-4 примерно одинаковы.

Дальнейшим развитием вертолета Ми-8 стала в 80-х годах новая, весьма совершенная машина Ми-17. Внешне эти машины выглядят почти одинаково. Главное — в установке новых, еще более мощных двигателей — ТВЗ-117МТ. Мощность каждого — 1617 кВт (2200 л. с.). Они позволили значительно повысить летно-технические характеристики вертолета. Вдвое повысился статический поток машины, более чем вдвое — дальность полета с полезной нагрузкой 4 т.

Вертолет Ми-17 полностью автономен на аэродромах. Вспомогательная силовая установка машины обеспечивает электроснабжение всех ее систем и запуск основных двигателей. Эффективности нового вертолета способствует и установка более совершенного навигационного оборудования.

Вертолет-госпиталь Ми-17 оснащается современным медицинским оборудованием. Потребность в таких машинах очень велика.

Большой известностью во всем мире пользуется тяжелый вертолет Ми-6 и созданный на его базе Ми-10. Они давно выпускаются серийно и более 25 лет успешно эксплуатируются в народном хозяйстве. Ми-6 — первый в мире вертолет, на котором была превышена скорость 320 км/ч, считавшаяся многими специалистами вообще недостижимой



Боевой вертолет Ми-24

для вертолетов. И это при огромных размерах машины и большой грузоподъемности. Длина машины почти 42 м, диаметр несущего винта 35 м, взлетная масса 42,5 т, коммерческая нагрузка 12 т, общая мощность двух двигателей 8085 кВт (11000 л. с.).

За рекорды скорости и грузоподъемности, установленные на этом вертолете, его создателям присужден международный приз им. Сикорского.

Особую роль сыграл Ми-6 в освоении новых нефтяных месторождений в жарких песках Каракумов и в тундре дальнего Севера, его широко используют в Тюменском, Красноярском, Якутском, Дальневосточном, Магаданском, Архангельском и многих других районах, он хорошо зарекомендовал себя в небе Чехо-Словакии, Франции, Болгарии и других стран.

Вертолет Ми-10, разработанный на базе Ми-6, — это тяжелый летающий кран. Высокое 4-метровое шасси вертолета-крана со специальными устройствами позволяет быстро и удобно крепить разнообразные грузы. Максимальные габариты груза, который вертолет может перевозить на платформе, крепящейся гидрозахватами: длина 20 м, ширина 8 м и высота 3,1 м. В кабине вертолета могут разместиться 28 человек — команда, сопровождающая груз. Этой замечательной машине до появления вертолета В-12 принадлежал абсолютный мировой рекорд грузоподъемности — 25 т. Нормальная коммерческая нагрузка — 15 т. Груз массой 12 т Ми-10 может доставить за 250 км. Под носовой частью фюзеляжа установлена телекамера, которая позволяет пилоту наблюдать за грузом, подвешенным на внешней подвеске. Вариант этой машины Ми-10к



(облегченный, «коротконогий»), предназначенный специально для строительно-монтажных работ, имеет под фюзеляжем кабину-фонарь для второго пилота, который при монтажных работах берет управление на себя и руководит точной установкой груза в нужное место.

Именно с помощью такого вертолета в 1988 г. около Ярославля была смонтирована за 10 дней вместо обычных 6—7 мес. телевизионная башня высотой 250 м.

Новый тяжелый вертолет ОКБ им. М. Л. Миля Ми-26 был одним из экспонатов, вызвавших наибольший интерес на 34-м международном авиасалоне в парижском аэропорту Бурже. Максимальная взлетная масса этой машины 56 т. Она транспортирует в грузовой кабине или на внешней подвеске груз массой 20 т. В этом вертолете применены оригинальные конструкторские решения, он оснащен современным пилотажно-навигационным комплексом и системой автоматического управления. Ми-26 обеспечивает высокую экономическую эффективность, надежен и прост в эксплуатации.

Вертолеты ОКБ им. М. Л. Миля очень широко используются в нашей стране, они закуплены авиакомпаниями 40 стран мира. Только машин Ми-8 продано за границей более полутора тысяч, сотни Ми-2, Ми-4, Ми-6 трудятся в Европе, Азии, Южной Америке, Африке.

Значительных успехов добились вертолетостроители и в создании вертолетов двухвинтовой соосной схемы. Эти машины проектируются в конструкторском бюро, которое создал Н. И. Камов. Первой работой этого ОКБ был «летающий мотоцикл» — маленький одноместный вертолет с открытым сиденьем для летчика — Ка-10. Затем появился вертолет Ка-15. Он использовался для сельскохозяйственных работ, для патрулирования трубопроводов, линий электропередач и перевозки почты.

На базе этой машины в 1957 г. был создан вертолет Ка-18. Он может перевозить 3 пассажиров, использоваться для неотложной медицинской



помощи, разведки полезных ископаемых, проводки судов, в сельском и лесном хозяйстве. На Всемирной выставке 1958 г. в Брюсселе вертолет Ка-18 получил золотую медаль.

В конструкторском бюро Н. И. Камова в 1965 г. создан более совершенный легкий вертолет соосной схемы — Ка-26. Отличительные черты этой красивой машины — надежность, универсальность, высокая весовая отдача и маневренность. Два надежных поршневых двигателя мощностью по 325 л. с. конструкции И. М. Веденева обеспечивают безопасность полета и хорошие экономические показатели.

В случае остановки одного из двигателей Ка-26 может продолжать полет на одном работающем двигателе. Если даже допустить невероятный случай — одновременную остановку обоих двигателей, вертолет может совершить посадку на режиме авторотации. Простота обслуживания и неприхотливость двигателей позволяют эксплуатировать вертолет с непригодных площадок, даже пыльных и заболоченных. Лопасти несущих винтов изготовлены из прочных и долговечных стеклотканевых материалов и снабжены, как и лобовое стекло вертолета, надежной противообледенительной системой.

Универсальность вертолета Ка-26 — его главная отличительная черта. Недаром его называют «летающим шасси». В комплект сменного оборудования, которое подвешивается к центроплану машины, входят пассажирская кабина, грузовая платформа и бункер для удобрений с аппаратурой для их распыления, рассеивания и разбрызгивания. В кабине — откидные сиденья для 6 пассажиров. Есть также ряд других вариантов вертолета — санитарный, спасательный для полетов над водой, геологический с поисковой аппаратурой, для контроля дорожного движения, для патрулирования лесных массивов и борьбы с очагами пожаров. Однако наиболее широко Ка-26 применяется в сельском хозяйстве.



В Венгрии эти машины постоянно эффективно эксплуатируются для опыления виноградников, защиты от вредителей фруктовых садов, овощных и зерновых культур, посадок картофеля. Ка-26 успешно работают в 15 странах различных климатических зон нашей планеты. Они экспортированы в Болгарию, Румынию, Японию, Швецию, Германию, Францию.

На базе этой машины создан вертолет Ка-126, на котором в отличие от его предшественника установлен один высокоэкономичный газотурбинный двигатель вместо двух поршневых. Новый двигатель, новые конструкционные материалы позволили увеличить скорость и грузоподъемность машины. Новый вертолет заметно производительней прототипа, расходует меньше топлива. Летные испытания новой машины начались в октябре 1988 г.

Несколько лет назад авиационная промышленность начала выпуск нового вертолета соосной схемы — Ка-32.

Это всепогодная машина для ледовой разведки и транспортировки грузов. Генеральный конструктор С. В. Михеев в беседе с корреспондентами обратил внимание на ряд проблем, которые решались при создании Ка-32. Широкая эксплуатация в Арктике, на море сделала главным требованием возможность использования вертолета при любой погоде, он очень маневрен, очень компактен — занимает мало места на борту судна. И при этом обладает большой грузоподъемностью. Максимальный груз внутри кабины — 4 т, на внешней подвеске — 5 т. В кабине места для 16 пассажиров. Максимальная продолжительность полета — 4,5 ч.

Большая энерговооруженность машины обеспечивает высокий уровень безопасности даже при отказе одного двигателя.

Вертолет отлично зарекомендовал себя, работая бортовым ледовым разведчиком на атомном ледоколе «Сибирь», он участвовал в ликвидации последствий аварии в Чернобыле, работал на трелевке леса в горах, на тушении пожаров. Хорошие результаты дало использование Ка-32 на



разгрузке судов у необорудованных берегов. Он получил высокие оценки на авиационных выставках во Франции, Польше, Испании.

В ОКБ им. М. Л. Миля был создан в самом начале 70-х годов сверхтяжелый вертолет двухвинтовой поперечной схемы В-12. Его взлетная масса 100 т, грузоподъемность 40 т. Это большой груз даже для тяжелых самолетов. Четыре его газотурбинных двигателя развивают мощность 19110 кВт (26000 л. с.).

Замечательная машина — вертолет. С каждым днем она все больше внедряется в нашу жизнь.

Есть, однако, у этой машины существенный недостаток: сравнительно небольшие скорости полета. Даже мировой рекорд скорости полета на вертолете в 2—3 раза меньше обычной рейсовой скорости современного реактивного самолета. И если скорости самолетов с каждым годом растут, то вертолет уже близок к своему «потолку». Невысокие скорости органически присущи этой машине. Почему?

Вертолет может вертикально подниматься и висеть в воздухе благодаря тяге, которая создается так называемым несущим винтом большого диаметра, установленным в горизонтальной плоскости. Лопасти этого винта представляют собой по существу вращающиеся крылья. Для того чтобы крыло создавало подъемную силу, его должен со значительной скоростью обтекать поток воздуха. У обычного самолета это возможно лишь при поступательном движении всей машины. У вертолета, когда двигатели его работают и винт вращается, подъемная сила возникает на лопастях винта и при неподвижном положении самой машины. Так становятся возможными вертикальный взлет, вертикальная посадка, висение в воздухе.

На этих режимах скорость обтекания всех лопастей несущего винта воздушным потоком одинакова. При горизонтальном полете несущий винт работает в условиях несимметричной обдувки. У лопасти, которая в данный момент движется в том же направлении, в котором летит



Вертолет В-12

вертолет, скорость обтекания будет больше, чем у лопасти, движущейся против направления полета машины. (В первом случае скорости лопасти винта и полета вертолета суммируются, во втором — вычитаются.)

На современных вертолетах лопасти несущих винтов крепятся к втулкам через горизонтальные и вертикальные шарниры. Это позволяет им смещаться в вертикальной плоскости относительно горизонтального шарнира — совершать маховое движение, а в горизонтальной плоскости (в плоскости вращения) — относительно вертикального шарнира.

Благодаря маховому движению лопастей происходит выравнивание их подъемной силы, несмотря на разную их скорость относительно набегающего потока.

С той стороны несущего винта, где скорость обтекания больше, угол атаки лопастей уменьшается; с противоположной стороны, где скорость обтекания меньше, угол атаки лопастей увеличивается. С возрастанием скорости полета увеличивается разница скоростей обтекания между лопастями, находящимися по разные стороны втулки винта, и соответственно увеличивается разница между углами атаки.

Когда угол атаки лопасти, идущей против направления полета, достигает определенных критических значений, начинается срыв потока на ее конце, подъемная сила резко уменьшается. Так происходит с каждой лопастью, когда она проходит данную зону. Появляется тряска винта. С дальнейшим увеличением скорости тряска усиливается, вертолет кабрирует, теряет управляемость.

Некоторого увеличения скорости вертолета можно добиться, применяя лопасти с управляемым пограничным слоем, аналогично тому, как это делается на крыле самолета. Можно добиться увеличения скорости и другим путем — используя небольшое крыло, чтобы разгрузить несущий винт при горизонтальном полете. Такое крыло есть у вертолета Ми-6.

Однако, несмотря на все усовершенствования, вертолет остался тихоходом среди других летательных аппаратов.

Чтобы добиться значительного увеличения скорости, конструкторы вынуждены прибегать к принципиально новым решениям, создавать машины, которые сохраняют многие признаки вертолетов, но в значительной мере являются летательными аппаратами нового типа.

При взлете подобных аппаратов вся мощность двигателей передается несущему винту, и машина взлетает, как обычный вертолет. При горизонтальном полете тяга для поступательного движения создается как наклоном вперед плоскости вращения несущего винта (подобно обычным вертолетам), так и тянущими винтами (как у самолета), а подъемная сила — несущим винтом и крылом. Комбинированный вертолет может лететь и на режиме автожира, в этом случае несущий винт отсоединяется от трансмиссии и свободно вращается под воздействием набегающего потока воздуха, создавая лишь небольшую подъемную силу. Основную подъемную силу при этом создает крыло. Мощность двигателей полностью расходуется для привода тянущих винтов, придающих горизонтальную скорость машине. Это позволяет увеличить скорость полета и дает также экономический эффект. Дело в том, что при значительных скоростях полета комбинация крыла и тянущих винтов гораздо выгоднее для создания подъемной силы и горизонтальной тяги, чем несущий винт.

В СССР в начале 60-х годов был построен многотонный летательный аппарат подобной схемы — винтокрыл Ка-22 конструкции Н. И. Камова. Он имел два четырехлопастных несущих винта, крыло и два тянущих винта. Силовая установка состояла из двух турбовинтовых двигателей мощностью по 4189,5 кВт (5700 л. с.) каждый. На этом комбинированном вертолете-самолете был установлен ряд мировых рекордов, в том числе достигнута скорость 356 км/ч.

Были созданы комбинированные вертолеты с реактивным приводом.

Использование реактивного привода несущего винта позволяет несколько упростить систему передач, и все же комбинированный вертолет — машина очень сложной конструкции.

Винтокрылые машины удобны и выгодны для среднего диапазона скоростей и расстояний, и работы по их созданию продолжают. Однако и комбинированные винтокрылые аппараты имеют ограниченную скорость и невыгодны для полетов на дальние расстояния.

Для больших скоростей и расстояний нужны все-таки самолеты. Как же заставить самолеты обходиться без аэродромов, взлетать и садиться вертикально? Рассказу об этом посвящена следующая глава книги.

На первом Московском авиасалоне, который состоялся с 11 по 16 августа 1992 г. в подмосковном городе Жуковском на крупнейшем в Европе аэродроме летно-испытательного института впервые демонстрировался вертолет оригинальной схемы Ка-50, созданный в ОКБ им. Камова под руководством генерального конструктора С. В. Михеева.

3 Самолет взлетает вертикально

Час в воздухе, два по земле

Стремительным был рост авиации во второй половине нашего века, рост, неразрывно связанный с той подлинной революцией, которую вызвал в авиации реактивный двигатель. Скорость более 3000 км/ч, высота полета свыше 30 км, взлетная масса 200—250 и даже 600 (!) т — таковы отдельные характеристики некоторых современных самолетов.

Впрочем, это всем хорошо известно. Однако большинство наших читателей, и даже те из них, кому не раз приходилось мчаться высоко над облаками на чудесных современных лайнерах, вряд ли задумывались над тем, какие трудности пришли в авиацию вместе с высокими скоростями, большой массой самолета, применением реактивных двигателей. Оглянитесь внимательно перед посадкой в самолет: каким огромным, сложным, дорогостоящим сооружением стал современный аэродром. А ведь еще полвека назад для многих самолетов аэродромом могла служить небольшая, достаточно ровная травяная площадка. Например, самолету По-2, чтобы взлететь, нужно было пробежать по полю немногим более 100 м.

Рост скорости полета, увеличение взлетной массы современных самолетов вызвали ухудшение их взлетно-посадочных характеристик. Несмотря на старания конструкторов, диапазон скоростей самолета, т. е. разница между максимальной скоростью полета и посадочной скоростью, значительно расширился, абсолютное значение посадочной скорости с ростом максимальных скоростей неизменно возрастает. Многие самолеты теперь совершают посадки при скорости 250—300 км/ч. Это приводит, по меньшей мере, к двум очень важным последствиям.

Во-первых, чтобы затормозить и остановить большую, многотонную машину, катящуюся с такой скоростью, необходима длинная взлетно-посадочная полоса. Это важно и для взлета: ведь для разгона машины до большой скорости тоже нужно немалое расстояние.

Во-вторых, движение тяжелой машины по земле требует очень ровного и прочного покрытия взлетно-посадочной полосы. При скорости 300 км/ч даже малейшие неровности, бугры, выбоины могут оказаться роковыми. Взлетно-посадочные полосы для современных реактивных самолетов приходится одевать в прочную бетонную рубашку.

Аэродром для пассажирских реактивных самолетов, расположенный в умеренном климате и на уровне моря, должен иметь взлетно-посадочную полосу (некоторые крупные аэродромы имеют по несколько взлетно-посадочных полос) длиной до 3000 м и шириной 60 м, толщина слоя бетонного покрытия достигает 40 см.

Однако площадь аэродрома не ограничивается размером взлетно-посадочной полосы. Необходимы обширные участки для стоянки

самолетов, ангаров, полос для рулежки самолетов на старт и т. п. В границы аэродрома входит также территория, над которой пролетают самолеты после отрыва от земли, пока не наберут определенную высоту (15—25 м), и перед посадкой, когда они уже снизились до этой высоты.

Площадь современного аэродрома нередко достигает 15—20 км².

Ровные площадки таких размеров встречаются очень редко. Поэтому при строительстве аэродромов приходится производить огромные земляные работы. Нередко сносятся здания, уничтожаются поля. Еще сложнее, если аэродром необходимо строить в горах или тайге.

Два важных следствия вытекают из сказанного: очень высокая стоимость современных аэродромов и их относительная удаленность от больших городов. Нередко времени на поездки на аэродром и с аэродрома уходит больше, чем на сам перелет.

И для военной авиации современный громоздкий аэродром стал немалой обузой. Его практически невозможно замаскировать. Постройка новых аэродромов требует огромных усилий. А это снижает возможности перебазирования авиации.

Итак, нужды гражданской и военной авиации требуют найти способы сократить размеры аэродромов, а значит, создать такие самолеты, которые, обладая всеми преимуществами современных машин, и прежде всего высокой скоростью полета и большой грузоподъемностью, имели бы небольшие разбег при взлете и пробег при посадке.

Как укоротить аэродром!

Авиационные конструкторы создали немало остроумных приспособлений, чтобы уменьшить разбег самолета при взлете и его пробег при посадке. Работы ведутся в двух направлениях. Первое — применение различных способов, чтобы добиться отрыва самолета от земли во время взлета при меньшей скорости и уменьшить посадочную скорость самолета. Этого можно достигнуть благодаря увеличению подъемной силы крыла самолета. Второе направление — с помощью различных устройств сообщить самолету за короткий отрезок времени дополнительное ускорение при взлете и торможение при посадке.

Подъемная сила крыла возрастает с увеличением его площади. Однако возможности увеличения площади крыла для скоростных самолетов крайне ограничены. Подъемная сила крыла зависит также от угла атаки крыла — степени отклонения передней кромки крыла вверх от горизонтали (угол между набегающим потоком воздуха и плоскостью крыла). Чем меньше угол атаки, тем меньше лобовое сопротивление полету самолета и меньше коэффициент подъемной силы.

При большой скорости полета важно уменьшить лобовое сопротивление, а уменьшение коэффициента подъемной силы не страшно, так как оно компенсируется увеличением скорости (подъемная сила крыла равна коэффициенту подъемной силы, умноженному на площадь крыла и на возведенную в квадрат и деленную пополам скорость полета). При посадке же важно получить максимальное значение коэффициента подъемной силы, чтобы сохранить подъемную силу крыла при минимально возможной скорости.

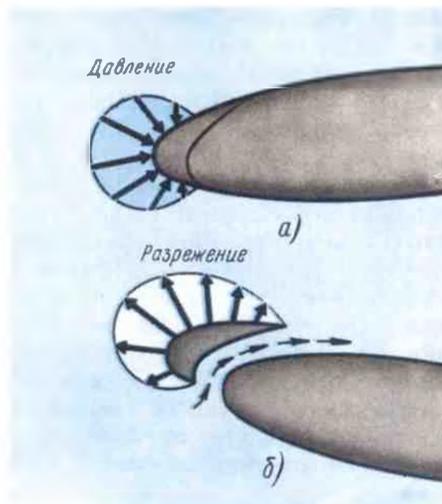


Схема работы предкрылка на малых (а) и больших (б) углах атаки

По мере увеличения угла атаки коэффициент подъемной силы возрастает. Однако такое увеличение ограничено. При малых углах атаки поток воздуха плавно обтекает крыло. С возрастанием угла атаки плавное обтекание профиля крыла все более нарушается, поток воздуха как бы отрывается от поверхности крыла, наступает так называемый срыв потока, и коэффициент подъемной силы резко уменьшается. Его значение заметно зависит от профиля крыла. Если профиль крыла вогнутый, максимальное значение коэффициента подъемной силы заметно увеличивается.

Изменять геометрию профиля крыла при взлете и посадке позволяет механизация крыла. Сравнительно давно конструкторы применяют отклоняющиеся простые закрылки, которые представляют собой отклоняющуюся вниз часть задней кромки крыла. Применение закрылков позволяет значительно увеличить коэффициент подъемной силы. На многих современных самолетах для получения большей кривизны профиля крыла используется также отклоняющийся вниз носок крыла.

Коэффициент подъемной силы крыла увеличивается также благодаря управлению пограничным слоем (пограничным называется слой воздуха, прилегающий к поверхности крыла). Срыв потока происходит обычно при торможении пограничного слоя во время обтекания потоком воздуха профиля крыла. Задача управления пограничным слоем — сообщить дополнительную кинетическую энергию пограничному слою, чтобы воспрепятствовать его торможению и отрыву. Этой цели достигают, например, с помощью дополнительных средств механизации крыла — предкрылков и щелевых или выдвижных закрылков.

Предкрылок представляет собой отделяемый от крыла носок (крылышко). При полете с малым углом атаки на большой скорости он прижимается давлением воздуха к крылу (рис. а). При значительном увеличении угла атаки (рис. б) на предкрылке возникает разрежение, так как он становится частью верхней поверхности крыла (ведь подъемная

сила как раз и создается крылом благодаря тому, что при обтекании воздухом у нижней поверхности крыла образуется область повышенного давления, а у верхней — область разрежения). Под воздействием этого разрежения предкрылок отодвигается вперед, между ним и крылом образуется щель, через которую воздух из области повышенного давления (снизу) с большой скоростью устремляется в область пониженного давления у верхней поверхности крыла и как бы сдувает пограничный слой. Предкрылок позволяет отодвинуть границу срыва потока при больших углах атаки и заметно увеличить коэффициент подъемной силы крыла.

Щелевые (как показывает само название) и выдвижные закрылки также образуют щель с основной плоскостью крыла. Благодаря этому применение их приводит к двойному воздействию — увеличивается вогнутость крыла, как и при обыкновенных закрылках, и сообщается дополнительная энергия пограничному слою у верхней поверхности крыла — воздух протекает через щель между основной частью крыла и закрылком. То и другое позволяет увеличить коэффициент подъемной силы и, следовательно, уменьшить скорость при взлете и посадке, а значит, сократить длину разбега и пробега самолета. При взлете закрылки обычно отклоняются меньше — на угол до 25° , а при посадке — на $50\text{--}60^\circ$.

Пассажиры самолета Ту-154, которые сидят у иллюминаторов, находящиеся на уровне задней кромки крыла, могут наблюдать при посадке работу трехщелевого выдвижного закрылка.

Мощная механизация крыла — предкрылки и закрылки по всему размаху крыла — позволяет значительно уменьшить длину разбега и пробега.

На современных реактивных скоростных самолетах обычно применяют тонкое стреловидное крыло. Это необходимо, чтобы получить хорошие аэродинамические качества машины при полете с большой скоростью. Тут приходится много работать над механизацией крыла, чтобы не допустить заметного ухудшения взлетно-посадочных характеристик.

Так, широко распространенный пассажирский самолет Ту-154, рассчитанный на крейсерскую скорость полета $900\text{--}950$ км/ч, имеет сравнительно тонкое крыло со стреловидностью 35° . И только благодаря мощной и совершенной системе механизации крыла этот скоростной лайнер можно эксплуатировать, используя те же аэродромы, что и для старого туповинтового самолета Ил-18.

Крыло Ту-154 снабжено предкрылками, интерцепторами (интерцептор — выдвижная, поворотная или фиксированная пластинка, устанавливаемая на крыле самолета, служит для улучшения устойчивости в полете и сокращения пробега при посадке) и мощными трехзвеньевыми щелевыми закрылками, расположенными на большей части длины крыла (до 75%).

Известно, что отклоненные предкрылки и закрылки, увеличивая подъемную силу крыла, в то же время увеличивают и его лобовое сопротивление. При посадке это явление положительное, оно помогает тормозить самолет при снижении, приземлении и пробеге. При разбеге, взлете и наборе высоты, когда наряду с повышенной подъемной силой требуется быстрое увеличение скорости, дополнительное сопротивление,

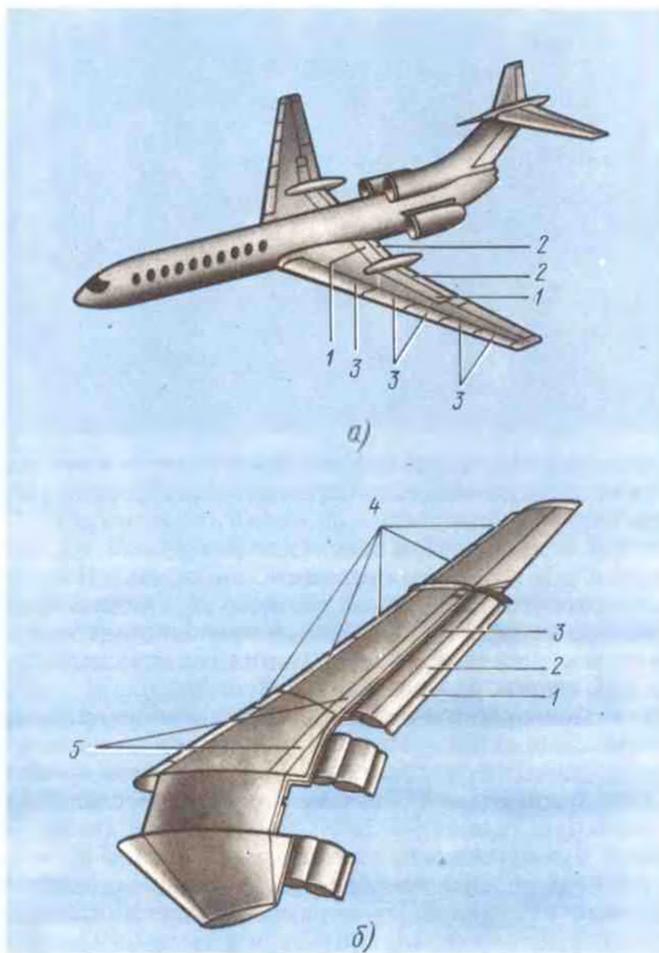


Схема механизации крыла самолета Ту-154: а — общий вид самолета (1 — интерцепторы; 2 — закрылки; 3 — предкрылки); б — крыло (1 — хвостик закрылка; 2 — средняя часть закрылка; 3 — дефлектор; 4 — предкрылки; 5 — интерцепторы)

создаваемое средствами механизации крыла, мешает. Поэтому углы отклонения закрылков при взлете гораздо меньше, чем при посадке. На Ту-154 меняется и сама конфигурация закрылка. При посадке он трехщелевой, а при взлете двухщелевой. Закрылок этого самолета состоит из трех перемещаемых друг относительно друга элементов — дефлектора, среднего звена и хвостика. При малых углах отклонения щели между элементами закрылка закрыты. При взлете, когда закрылок отклонен на угол 28° , в нем образуются две профилированные щели, и протекающий через них поток воздуха обдувает среднее звено и хвостик, а дефлектор специальным механизмом прижат к крылу. При посадке Ту-154 закрылок отклоняется на угол 45° , работают все три секции закрылка. Их действие еще усиливается, так как благодаря откату закрылка по направляющим рельсам от основной части крыла и раздвижению звеньев увеличивается его эффективная площадь.

Самолет с изменяемой геометрией крыла — истребитель МиГ-23: крыло почти прямое (16°)



Отклонение интерцептсров одновременно на обеих консолях крыла при пробеге самолета после посадки помогает «прижать» самолет к земле, скорее затормозить его.

К сожалению, мощную и громоздкую механизацию крыла трудно применять на современных сверхзвуковых самолетах, имеющих тонкие, большой стреловидности и треугольные крылья малого удлинения. Кроме того, у треугольного или стреловидного крыла коэффициент подъемной силы с увеличением угла атаки увеличивается гораздо меньше, чем у прямого крыла с большим удлинением.

Короче говоря, треугольное крыло и крыло большой стреловидности с малым удлинением имеют отличные характеристики при высоких (околозвуковых и сверхзвуковых) скоростях полета, а прямое крыло большого размаха целесообразнее для полета на малых скоростях, для взлета и посадки.

Естественно возникает мысль: а нельзя ли заставить крыло менять стреловидность в полете? Ведь использование закрылков и предкрылков тоже, по существу, означает изменение формы крыла во время полета, только в меньших масштабах.

Конструкторы провели немало экспериментов. Попытались крепить крыло к фюзеляжу на шарнирах и в полете менять его стреловидность — угол между фюзеляжем и крылом. Но при такой «перестройке» в полете самолет легко терял устойчивость и управляемость. Однако выход был найден. Оказывается, поворачивать нужно не все крыло, а лишь его часть. Наличие неподвижной корневой части крыла и уменьшение размера его поворотной части позволяют получить хорошую устойчивость и управляемость самолета при различных углах стреловидности крыла и во время ее изменения.

Применение крыла изменяемой геометрии позволяет сократить разбег скоростного самолета при взлете и его пробег при посадке.

Самолеты с изменяемой стреловидностью крыла в последние годы прочно вошли в арсенал военной авиации. Изменяемую геометрию крыла имеет многоцелевой истребитель МиГ-23. При взлете и посадке угол стреловидности крыла составляет всего 16° (см. рисунок). Для манев-



Истребитель
МиГ-23 — крыло в
положении большой
стреловидности (72)

рирования, пилотажа и воздушного боя оно фиксируется при угле 45° , а для разгона и сверхзвуковой скорости устанавливается с углом 72° (см. рисунок). Такие машины созданы не только в нашей стране, но и в США и во Франции. Однако конструкторы продолжают искать новые пути «перестройки» самолета в полете. К убирающимся шасси, предкрылкам и закрылкам, крылу изменяемой стреловидности добавились отклоняемые в полете концы крыла. Эффект при отклонении концов крыла во многом сходен с эффектом, получаемым при изменении стреловидности. Концевые части крыла отклоняются на шарнирах на 180° и «укладываются» на нижней поверхности основной части крыла. Собственно, отклонение концов крыла применялось уже давно у многих палубных военно-морских самолетов с целью уменьшить место, которое они занимали при стоянке на палубах и в ангарах авианосца. Этот опыт позволил легко разработать надежные шарниры. Однако отклонение концов крыла в полете, конечно, сложнее.

Мы рассказали об управлении пограничным слоем с помощью различных средств механизации крыла. Однако проводятся многочисленные опыты и по управлению пограничным слоем, так сказать, активными методами — отсасыванием пограничного слоя с поверхности крыла через щели или пористую обшивку специальными насосами или сдуванием пограничного слоя воздухом, подводимым от компрессора турбореактивного двигателя через систему трубопроводов и отверстий в крыле.

На одном из зарубежных самолетов была установлена обшивка носка крыла из пористой нержавеющей стали. Отсос воздуха через поры обшивки и систему трубок с помощью насосов позволил существенно уменьшить посадочную скорость самолета.

Несмотря на многочисленные исследования, проводившиеся в разных странах, системы управления пограничным слоем с отсосом имеют пока лишь экспериментальное значение. Для них приходится устанавливать специальные мощные насосы, которые иногда работают от специальных двигателей. В сильный дождь вода забивает отверстия для отсасывания, эффективность системы заметно снижается. Грязь, попадающая на крыло

во время взлета с мокрого грунтового аэродрома, иногда полностью закрывает отверстия.

Более просты конструктивно и весьма эффективны системы управления пограничным слоем со сдуванием пограничного слоя сжатым воздухом, отбираемым у компрессора двигателя.

Однако и система сдува пограничного слоя имеет свои недостатки. Несмотря на применение эжекторов, которые увеличивают количество движения воздуха через систему сдува пограничного слоя, отбор воздуха от двигателей для этой цели весьма значителен и достигает у современных сверхзвуковых самолетов 8—10%. А отбор 10% воздуха приводит к снижению тяги двигателей на 20%, что, конечно, недопустимо при взлете, когда требуется именно максимальная тяга. Таким образом, чтобы сократить не только посадочную, но и взлетную дистанцию, конструктору при системе сдува пограничного слоя приходится устанавливать на самолете специальные генераторы сжатого воздуха.

Своеобразным развитием комбинированной системы управления пограничным слоем и закрылка является так называемый реактивный закрылок. Применение его дает значительное уменьшение посадочной скорости самолета и скорости отрыва от земли при взлете.

Принцип действия реактивного закрылка состоит в том, что газы реактивного двигателя через систему каналов подводятся к задней кромке неподвижной части крыла и выбрасываются через восемь выхлопных щелей в виде тонкой пелены над закрылками и элеронами. Пелена газа отклоняется при отклонении закрылков и элеронов. При выпуске закрылка она движется вслед за ним, тормозит набегающий поток воздуха под крылом и в несколько раз увеличивает подъемную силу. Реактивный закрылок не только способствует увеличению коэффициента подъемной силы крыла. Вытекающая из щели в задней кромке крыла струя газа создает тягу. При отклонении этой струи вниз сила тяги действует не только горизонтально, но и вертикально, т. е. поддерживает самолет в воздухе, что позволяет еще больше уменьшить посадочную скорость.

Однако применение реактивных закрылков имеет и отрицательные стороны: большой потребный расход газов двигателя, значительное увеличение массы конструкции. Это затрудняет их применение.

Познакомимся теперь с другими способами уменьшения разбега самолета при взлете и пробега при посадке, придания ему дополнительного ускорения или торможения.

Ускорители и тормозные устройства

Главное средство быстрее достичь скорости, при которой самолет отрывается от земли, и тем самым сократить разбег — увеличение тяги двигателей. При взлете самолета двигатель работает на так называемом взлетном режиме, тяга его в этот момент на короткий срок увеличивается на 20% по сравнению с работой на номинальном режиме при крейсерской скорости. Многие реактивные двигатели снабжены форсажными камерами, дополнительное сжигание топлива в которых позволяет на короткое время еще более значительно (порой до 40%) увеличивать тягу двигателей.



Взлет истребителя МиГ-21 с ускорителями

Резкому сокращению разбега способствуют стартовые ускорители. Еще в 30-е годы в СССР были созданы первые пороховые и жидкостные ракетные двигатели для облегчения взлета самолетов. В те годы пороховые ускорители успешно испытывались у нас на самолетах различных классов — от легких учебных самолетов У-1 до тяжелых бомбардировщиков ТБ-1.

Полный цикл испытаний самолетов с ракетными ускорителями на Комендантском аэродроме под Ленинградом дал хорошие по тем временам результаты. Применение стартовых ракет сократило разбег при взлете самолета ТБ-1 на 77%.

Сейчас ракетные ускорители — очень простые по устройству твердотопливные (чаще всего пороховые) ракетные двигатели разового применения. Их подвешивают под фюзеляжем самолета. Длительность работы таких двигателей кратковременная, она измеряется секундами.

Подвеска ускорителей под определенным углом позволяет не только ускорить разгон самолета, но и получить составляющую тяги, которая, действуя вверх, увеличивает подъемную силу. Такие эксперименты проводились как за рубежом, так и в СССР.

Иногда самолеты с ускорителями взлетают со специальной рампы. При взлете с рампы благодаря расположению всего самолета под углом вверх его поднимает уже не только подъемная сила крыла и частично ускорителей, но и непосредственно часть тяги основных двигателей. В 1955 г. с опытной установки-рампы взлетал истребитель МиГ-19 (рис. с. 62). После взлета ускорители обычно сбрасываются. Это уже практически вертикальный взлет.

Другой способ ускорения взлета — специальные катапульты. С их помощью уже давно взлетали самолеты на авианосцах. При катапультном взлете самолет устанавливается на тележку или буксирное устройство, которые с большой скоростью перемещаются по направляющим, сообщая



дополнительное ускорение самолету. Тележка приводится в движение сжатым паром, электрическим или специальным реактивным двигателем.

Впоследствии на авианосцах начали применять щелевые паровые катапульты. Самолет для взлета устанавливается на собственном шасси над длинной щелью в палубе, по которой скользит буксирный крюк. Крюк соединен непосредственно с поршнем, который перемещается в расположенном под палубой длинном силовом цилиндре. Пар под высоким давлением поступает в цилиндр из машин корабля.

Появлялись и наземные стартовые катапульты. Обычно они работали на сжатом воздухе и представляли собой довольно громоздкое устройство. Наземные катапульты не получили широкого распространения.

Взлет с помощью ускорителей, катапульт, взлет с рампы — специфические способы, применяемые лишь в военной авиации. Летчик при взлете с большим ускорением, придаваемым самолету этими способами, испытывает значительные перегрузки.

Но помочь самолету взлететь с небольшим разбегом — это только полдела. Не менее, а, пожалуй, более сложно затормозить самолет при посадке, чтобы значительно сократить пробег по аэродрому.

Для уменьшения посадочной дистанции используют много разнообразных приспособлений, начиная от обычных тормозов на колесах шасси и кончая сложными аэродромными устройствами.

Один из распространенных методов торможения самолета — аэродинамический. Здесь используется резкое увеличение лобового сопротивления самолета. Для аэродинамического торможения у многих самолетов при посадке выдвигаются специальные тормозные щитки. У разных типов самолетов они установлены по-разному: по бокам фюзеляжа, на верхней или нижней поверхности крыла, в нижней части фюзеляжа.

Аналогично, только гораздо более сильно выражено действие тормозного парашюта. Такой парашют выбрасывается на прочных стропях из контейнера, находящегося в хвосте самолета, быстро наполняется



набегающим воздухом и довольно резко тормозит самолет, что позволяет существенно сократить длину пробега при посадке, иногда почти на 60%.

Тормозящая сила, создаваемая парашютом, пропорциональна квадрату скорости самолета. Поэтому выпускать парашют надо сразу же после приземления, тогда эффективность его будет наиболее значительна. Для выпуска парашюта летчик с помощью электрического или гидравлического привода открывает отсек, где находится ранец с уложенным парашютом. После этого выталкивается вытяжной парашют, а последний вытягивает стропы и купол основного парашюта. Тормозные парашюты бывают различных систем — ленточные, с круговыми щелями, крестообразные. Важно, чтобы купол был в достаточной степени воздухопроницаемым, что обеспечивает необходимую его устойчивость, исключает раскачивание самолета. Но в то же время воздухопроницаемость парашюта не должна быть слишком большой. Это снижает его тормозную силу. Обычно парашют крепится к самолету с помощью механизма отделения — через срезную шпильку. В случае возникновения больших перегрузок она срезается, предотвращая передачу слишком больших напряжений на конструкцию самолета. Тормозные парашюты испытывают большую нагрузку и потому быстро изнашиваются. При боковом ветре их применение затруднено.

Использование тормозных парашютов в нашей авиации началось более 50 лет назад. Еще в 1937 г. при доставке в высокие широты по воздуху советской арктической экспедиции благодаря тормозным парашютам удалось осуществить посадку на льдину тяжелого самолета. В настоящее время парашютную тормозную систему применяют, как правило, только на военных самолетах.

Почти все военные и пассажирские самолеты имеют колесные тормоза. Принцип действия их такой же, как и в любом автомобиле. Сложность проблемы состоит в том, что тормоза авиационных колес должны поглотить при торможении очень большое количество энергии — особенно при торможении тяжелых самолетов, имеющих большие посадочные

скорости. Быстрота торможения с помощью колесных тормозов зависит от мощности тормозов, коэффициента трения пневматиков, искусства летчика и других факторов, а эффективность — от способности тормозов поглощать и рассеивать выделяющуюся при торможении теплоту.

В конце 20-х годов в авиации получили распространение колодочные распорные тормоза. Для торможения облицованные мягким органическим материалом колодки прижимались к внутренней поверхности цилиндрического барабана из малоуглеродистой стали. Однако энергоемкость таких тормозов недостаточна даже для относительно легких самолетов, да и тормозной момент у них невелик. На смену им пришли камерные тормоза. Эти тормоза имеют цилиндрический барабан, колодки заменены пластинами из фрикционного материала, расположенными по окружности на поверхности резиновой кольцевой камеры. При торможении в камеру подается под давлением жидкость или воздух и пластинки прижимаются к внутренней поверхности барабана. Это позволяет использовать всю окружность тормозного барабана и обеспечивает равномерный контакт трущихся поверхностей.

Однако камерные тормоза хороши при больших колесах. А применение шасси с многоколесными тележками и колесами небольшого диаметра привело к появлению дисковых тормозов. Такие тормоза при малых размерах отличаются высокой энергоемкостью и развивают большие тормозные усилия, они лучше приспособлены для принудительного охлаждения. Существует много конструкций дисковых тормозов, которые сейчас широко применяются на самолетах. Многодисковый тормоз состоит из нескольких тонких неподвижных дисков, чередующихся с вращающимися дисками. В расторможенном состоянии между дисками есть зазор, и колесо свободно вращается. При торможении диски сжимаются, трутся один о другой и развивают тормозное усилие. Многодисковый тормоз даже малого объема способен поглотить большую кинетическую энергию. Есть и однодисковые тормоза. Такие тормоза имеют обычно несколько неподвижных фрикционных накладок, расположенных попарно с обеих сторон массивного вращающегося диска. При торможении каждая пара накладок прижимается к диску поршнем отдельного гидравлического цилиндра.

В первых конструкциях дисковых тормозов применялись диски из малоуглеродистой стали, а затем их заменили дисками из сплавов, сохраняющих твердость и износоустойчивость в широком диапазоне температур. Хорошими фрикционными парами к стальным сплавам являются спеченные по методу порошковой металлургии бронза или чугун. Добавление различных присадок — графита, керамики, оксида алюминия и других — позволяет изменять физико-механические свойства материала в соответствии с конкретными требованиями той или иной конструкции тормоза.

Для уменьшения массы тормозов ученые и инженеры ищут все новые материалы для тормозных дисков, улучшают конструкцию. Созданы колесные тормоза с дисками, изготовленными путем термической обработки слоев ткани, армированных волокнами углерода и покрытых смолой. Каждый такой тормоз значительно легче обычного, он сохраняет прочность при высоких температурах. В новых тормозах устраняются

неравномерность торможения, вибрации, скрип. Эти тормоза имеют очень высокую износостойкость.

Современные колесные тормоза самолетов поглощают огромное количество энергии. Например, многодисковый тормоз колеса самолета «Боинг-707» поглощает кинетическую энергию $6,15 \cdot 10^6$ кгс·м. В связи с выделением большого количества теплоты часто приходится защищать корпус колеса и шину специальным тепловым экраном и применять искусственное охлаждение тормозных дисков. В одних конструкциях тормоза обдуваются большим количеством воздуха, подаваемого от компрессора реактивного двигателя, в других распыленная вода подается непосредственно на диски. Существуют и специальные циркуляционные системы с теплообменниками.

Колесные тормоза малозффективны в начальной стадии пробега, когда скорость самолета еще велика. На этой скорости наиболее эффективны аэродинамические тормоза (чем больше скорость, тем больше лобовое сопротивление любой выступающей части самолета). Таким образом, аэродинамические и колесные тормоза дополняют друг друга.

Поскольку условия посадки различны в зависимости от состояния покрытия аэродромов, погоды и т. п., умело владеть тормозом — большое искусство. В последние десятилетия начали применяться автоматы торможения. Они позволяют достигнуть значения коэффициента трения пневматиков, близкого к максимальному (т. е. близкого к такой грани, когда начинается скольжение колеса по посадочной полосе). Коэффициент трения, получаемый при использовании автомата торможения, бывает вдвое больше по сравнению с его значением, достигаемым при торможении опытным летчиком.

Эффективность торможения увеличивается с ростом нагрузки на колеса, поэтому важно быстрее уменьшить подъемную силу крыла после приземления. Для этого сразу же убирают закрылки.

На поршневых и турбовинтовых самолетах давно использовалось торможение реверсированием тяги винта. Для этого меняется перед посадкой угол установки лопастей винта. Ему придается отрицательное значение, и вследствие этого возникает направленная назад тяга.

Еще более эффективно реверсирование тяги на самолетах с турбореактивными двигателями. Поток газов после турбины двигателя направляют противоположно его первоначальному движению. Получается отрицательная тяга, которая тормозит самолет. Очень важно, что реверсирование тяги позволяет тормозить самолет не только во время пробега, но и в воздухе, до момента приземления. Это приводит к еще большему сокращению посадочной дистанции.

Существуют механические и газодинамические методы отклонения газового потока для реверсирования тяги. В первом случае часть потока газов отклоняется дефлекторами, во втором — поток отклоняется с помощью струи сжатого воздуха. При создании реверсивных устройств конструкторы должны заботиться о том, чтобы струи раскаленного газа не попадали на обшивку самолета.

Перечисленные бортовые средства торможения самолетов позволяют значительно сократить длину пробега при посадке, однако она остается еще достаточно большой.

Резкому уменьшению длины пробега способствуют специальные стационарные устройства, имеющиеся на некоторых аэродромах, главным образом на авианосцах.

Обычно задерживающее устройство представляет собой несколько прочных тросов (аэрофинишеров), натянутых поперек посадочной полосы. Их натягивают на высоте 10—15 см над верхней палубой авианосца или посадочной полосой аэродрома. Концы тросов через систему блоков соединены с поршнями силовых гидравлических цилиндров. При посадке самолет специальным крюком цепляется за трос. Большая часть кинетической энергии самолета при этом расходуется на продвижение поршня в силовом цилиндре. Через несколько десятков метров машина останавливается.

Четыре стальных троса-аэрофинишера установлены на палубе тяжелого авианесущего крейсера «Адмирал флота Кузнецов». Су-27 и МиГ-29 авианосного базирования оборудованы прочными гаками — этот крюк и цепляется за один из тросов.

Принципиально не отличаются от тормозных устройств с тросами тормозные сетки для самолетов. Только прочная нейлоновая сетка натягивается поперек посадочной полосы довольно высоко и «ловит» самолет не за специальный крюк, а за переднюю ногу шасси, а иногда и за фюзеляж. Кинетическая энергия самолета гасится при этом в различных устройствах, соединенных с сеткой по-разному. Иногда это гидравлические силовые цилиндры, установленные на металлических стойках, иногда просто тяжелые металлические цепи, которые самолет тащит за собой по краям посадочной полосы.

Устройства, о которых мы рассказывали, дают возможность уменьшить, иногда весьма значительно, длину разбега самолета при взлете и его пробега при посадке. Однако все они имеют существенные недостатки: одни применимы только для взлета, другие — только для посадки, многие непригодны для пассажирских самолетов, да и проблема решается с их помощью только частично.

А нельзя ли самолету обойтись совсем без аэродрома, взлетать и садиться вертикально?

Вертикальные взлет и посадка

Для вертикального взлета, способности висеть в воздухе, вертикальной посадки самолету необходимы прежде всего два основных условия: во-первых, тяга силовой установки должна превышать вес самолета, во-вторых, тяга должна при взлете, посадке или на режиме висения направляться вверх, а при обычном полете — горизонтально.

Одно из решений при создании экспериментальных вертикально взлетающих самолетов было весьма простым по идее: вооружив самолет мощной силовой установкой, поставить его для взлета на хвост. Такой самолет был построен в США.

Два его турбовинтовых двигателя общей мощностью 3866,1 кВт (5260 л. с.) имели общий редуктор и вращали два соосных винта диаметром 4,9 м. Винты развивали на взлете тягу до 90 кН при массе самолета 6800 кг. Это позволяло ему взлетать вертикально и набирать

высоту со скоростью 30 м/с. Горизонтальная скорость самолета достигала 800 км/ч.

Самолет имел необычное хвостовое оперение — два больших кия, расположенных перпендикулярно, крест-накрест с треугольным крылом. На концах крыла и килей находились четыре ноги шасси с небольшими колесами и мощной амортизацией. Нормальное положение самолета на стоянке — вертикальное.

Кресло летчика может наклоняться вперед на 45°. При горизонтальном полете оно находится в обычном положении, при стоянке, взлете, посадке самолета — отклоняется вперед. Для поворота кресла имеется специальный электродвигатель и механизм, управляемый летчиком.

На описанном самолете были впервые произведены вертикальный взлет и посадка, а также переход к горизонтальному полету. Этот самолет, как и многие другие аппараты вертикальных взлета и посадки, испытывался вначале на привязи. Он был подвешен с помощью тросов, блоков и лебедок в огромном (высотой 60 м) эллинге для дирижаблей.

После взлета самолет вертикально поднимался до высоты 60—70 м. С помощью аэродинамических рулей ему придавался наклон вперед, и он перемещался подобно вертолету. С увеличением наклона увеличивалась скорость самолета, постепенно он принимал «нормальное самолетное» положение и летал горизонтально, как обычный самолет.

Самолет управлялся аэродинамическими рулями. Эффективность их действия на переходных режимах, когда скорость самолета мала, обеспечивается благодаря тому, что они находятся в мощном и быстром потоке воздуха, отбрасываемом винтами.

Также вертикально устанавливались при взлете и экспериментальные реактивные самолеты — американский «Райан» Х-13 и французский «Колеоптер». Оба они взлетают с вертикальной ramпы, которая для удобства обслуживания самолета может устанавливаться и в горизонтальное положение.

Очень необычен вид «Колеоптера». У этого самолета кольцевое крыло, представляющее собой пустотелый цилиндр, внутри которого укреплен фюзеляж. На вынесенной вперед носовой части фюзеляжа — кабина пилота с большим фонарем для улучшения обзора. Сиденье летчика поворачивается. Диаметр кольцевого крыла более 4 м. В фюзеляже установлен турбореактивный двигатель.

Самолеты с вертикальным положением фюзеляжа при взлете и посадке использовались лишь для исследовательских работ и не получили дальнейшего развития. Непригодность таких самолетов для пассажирских и транспортных перевозок очевидна. Их использование в военных целях также неприемлемо из-за сложности эксплуатации. Кроме того, переход от вертикального к горизонтальному полету и обратно труден. Усложняет конструкцию и необходимость применения поворотного кресла для летчика.

Значительный объем исследований по разработке вертикально взлетающих аппаратов был выполнен с помощью специальных летающих стендов.

В нашей стране такой стенд, названный «Турболетом», был создан под руководством конструкторов А. Н. Рафаэлянца и В. Н. Матвеева. Он

многokrатно испытывался как на привязи, так и в свободном полете летчиком-испытателем Ю. А. Гарнаевым.

Аппарат представляет собой металлическую ферму с установленным на ней турбореактивным двигателем. Рядом с двигателем расположены кабина летчика и бак с горючим. Четыре ноги шасси с небольшими колесами поддерживают аппарат в нормальном положении при стоянке.

Одна из главных задач, которую решают конструкторы при экспериментах с летающими стендами и опытными вертикально взлетающими самолетами, — обеспечение управляемости самолета при вертикальных взлете и посадке и на переходных режимах к горизонтальному полету. Для управления на этих режимах могут служить рули, помещаемые в потоке газов, который выбрасывается реактивным двигателем. Такие рули называют газовыми. Два газовых руля-пластины были помещены в выходном сопле реактивного двигателя «Турболета». Кроме газовых рулей, «Турболет» имел еще и четыре струйных руля, которые представляют собой реактивные сопла на концах длинных металлических консолей. В сопла подается сжатый воздух от компрессора двигателя. Вырываясь из них, воздух создает реактивную тягу в противоположном направлении. Струйные рули устанавливаются таким образом, чтобы обеспечить повороты машины вокруг вертикальной оси и ее наклоны в продольном и боковом направлениях.

Испытание струйных и газовых рулей на «Турболете» было успешным. С их помощью летчик (рули управляются рукояткой и педалями из кабины) перемещал аппарат в воздухе в любом направлении.

Исследования на летающих стендах и первых самолетах с вертикальными взлетом и посадкой позволили конструкторам разобраться во многих неясных вопросах и перейти к строительству многочисленных экспериментальных вертикально взлетающих самолетов различных конструкций, на которых отрабатываются наиболее удачные конструктивные решения, а затем и к созданию серийных самолетов вертикальных взлета и посадки. Однако прежде чем перейти к описанию этих интересных машин, нужно разобраться в простейших теоретических вопросах, выяснить, к чему должны стремиться инженеры, создавая самолеты нового типа, которым не нужны большие и дорогостоящие аэродромы.

Мы уже упоминали, что для вертикальных взлета и посадки необходимо приложить тягу, превышающую вес самолета и действующую в вертикальном направлении, и обеспечить надежную управляемость на необычных для самолета режимах вертикальных взлета, посадки и перехода к горизонтальному полету.

Получить вертикальную составляющую тяги, которая превышала бы вес самолета, можно с помощью различных типов силовых установок. Иногда силовая установка — это только двигатель самолета (например, турбореактивный или ракетный), иногда она включает как двигатель (например, поршневой или газотурбинный), так и движитель — самолетный или вертолетный винт. Однако в любом случае силовая установка для этого должна отбрасывать вниз большую массу воздуха или газов — рабочего тела, как говорят инженеры. Тяга, развиваемая силовой установкой, равна произведению массы отбрасываемого рабочего тела на

его скорость в единицу времени. Однако увеличивать скорость рабочего тела для увеличения вертикальной тяги невыгодно, так как чем больше скорость, тем хуже отношение полученной тяги к мощности двигателей. Мощность используется тем лучше, чем меньше скорость потока воздуха или газов.

Значит, выгоднее и экономичнее отбрасывать большую массу рабочего тела с небольшой скоростью. Это нужно запомнить, чтобы понять, почему для вертикального взлета в некоторых конструкциях самолетов применяют эжекторы и другие устройства, позволяющие увеличить массу отбрасываемого рабочего тела за счет снижения его скорости.

Вертикальные несущие винты большого диаметра отбрасывают огромное количество воздуха с относительно небольшой скоростью. Это наиболее экономичное средство вертикального взлета.

Однако для скоростных вертикально взлетающих аппаратов использовать огромные несущие винты нельзя.

Большой расход рабочего тела при низкой скорости истечения дают также силовые установки с самолетными винтами, хотя их эффективность для вертикального взлета несколько хуже, чем эффективность установок с несущими вертолетными винтами.

Еще менее экономичны для вертикальных взлета и посадки турбореактивные двигатели, так как скорость истечения газов у них велика. Однако у них другое достоинство: именно эти двигатели позволяют получить высокое отношение тяги к массе силовой установки. А получить большую тягу при минимальной массе чрезвычайно важно для самолета вообще, а для вертикально взлетающего — в особенности, ибо чем больше масса двигателя, тем большая часть его тяги расходуется лишь на то, чтобы поднять самого себя.

Стремясь разрешить эти противоречия, конструкторы разных стран создали немало опытных образцов самолетов с вертикальными взлетом и посадкой с самыми различными силовыми установками.

Чтобы легче разобраться в этом многообразии, примем один из вариантов классификации самолетов вертикальных взлета и посадки, разделяемый многими учеными. По этой классификации такие самолеты прежде всего подразделяются на две большие группы.

Первая группа — самолеты, у которых и для горизонтального полета, и для вертикальных взлета и посадки используются одни и те же двигатели (вертикальная и горизонтальная тяга создается одними и теми же двигателями).

Вторая группа — самолеты, у которых горизонтальная тяга для обычного полета создается одними двигателями, а вертикальная тяга для взлета и посадки — другими.

Иногда выделяют и третью группу самолетов. У них одни и те же двигатели для горизонтального полета, взлета и посадки по вертикали, но при горизонтальном полете тяга создается двигателями непосредственно, а вертикальная тяга — агрегатами усиления тяги, приводимыми от этих двигателей.

Наиболее многочисленна по количеству созданных образцов первая группа, которую можно разделить на три подгруппы. Первая подгруппа — самолеты, которые для получения вертикальной тяги силовой

установки поворачиваются в вертикальное положение (о них мы уже рассказывали). Вторая подгруппа — самолеты, у которых для получения вертикальной тяги поворачивается на 90° не весь самолет, а отдельные его агрегаты: винты, турбовинтовые двигатели вместе с винтами, турбореактивные двигатели или крыло вместе с двигателями. Третья подгруппа — самолеты, у которых вертикальная тяга создается поворотом не самолета или его агрегатов, а потока рабочего тела — газов турбореактивного двигателя или воздуха, отбрасываемого винтами.

Существуют также самолеты, у которых основные двигатели поворачиваются при взлете и посадке и, кроме того, имеются специальные подъемные двигатели.

Теперь, разобравшись в некоторых важных проблемах вертикальных взлета и посадки и получив представление о классификации вертикально взлетающих самолетов, посмотрим, какие интересные, часто очень необычные машины этого класса летательных аппаратов созданы учеными и инженерами.

Мы уже говорили о том, что конструкция самолета может меняться в полете. Первые попытки этого рода — отклонение закрылков, предкрылков и других элементов крыла.

Ярко выражено изменение конструкции в полете у появившихся в 60-х годах самолетов с изменяемой стреловидностью крыла. И те и другие элементы «перестройки» самолета применяются для сокращения взлетной и посадочной дистанции самолетов. Для вертикальных взлета и посадки используется «перестройка» другого рода — поворот винтов, двигателей или крыла вместе с силовой установкой.

Первые самолеты с поворотом винтов были построены еще в 30-х годах нашего века на базе поршневых двигателей. Одним из них является «Белл XV-3». По внешнему виду этот самолет мало отличается от обычного: обтекаемый фюзеляж с хорошо остекленной кабиной для 3 человек, обычное хвостовое оперение, прямое крыло (только очень небольшое — площадью около 11 м^2). Правда, два винта самолета, закрепленные в маленьких гондолах на концах крыла, необычно велики — нечто среднее между вертолетными и самолетными винтами. Они приводятся во вращение от поршневого двигателя, установленного в фюзеляже, через механическую трансмиссию и систему редукторов. Редукторы винтов, установленные на упругих опорах в гондолах крыла, имеют специальные механизмы для поворота. При взлете оси винтов расположены вертикально и винты работают по-вертолетному, над крылом. После взлета с помощью небольших электродвигателей и червячной передачи летчик постепенно поворачивает их на 90° .

При взлете и посадке самолет управляется, как вертолет поперечной схемы, изменением шага винтов в различных комбинациях. После перехода к полету в самолетном режиме машина управляется аэродинамическими рулями, как обычный самолет.

Для самолета с поворотными винтами особенно трудно подобрать винты. Для взлета и посадки нужны винты, близкие к вертолетным: большого диаметра, с малой нагрузкой на ометаемую площадь, с небольшой «круткой» ($8\text{—}10^\circ$). Такой винт создает большую тягу при малой скорости потока.

Для самолетного режима полета характеристики винта нужны прямо противоположные: малый диаметр, большая нагрузка, большая «крутка» (35—40°). Поворотные винты вертикально взлетающего самолета — всегда плод компромиссного решения.

У других винтовых самолетов вертикальных взлета и посадки при переходе к режиму горизонтального полета и обратно происходит еще более радикальное изменение конструкции — поворачивается все крыло вместе с двигателями и винтами. Еще в 1959 г. в США проводились испытания довольно большого самолета с поворотным крылом. На крыле самолета «Хиллер» Х-18 установлено 4 турбовинтовых двигателя (по 2 спаренных двигателя в 2 гондолах) общей мощностью 7570,5 к Вт (10300 л. с.). Взлетная масса самолета — 15 т.

Вертикально взлетающие самолеты с поворотным крылом и поворотными винтами разрабатывались и в других странах.

Разрабатывались также винтокрылые аппараты, у которых винты вертолетного типа установлены для вертикального полета, в горизонтальном полете они не поворачиваются, а преобразуются. Таковую схему несущего винта называют «винт-крыло».

При вертикальных взлете и посадке система «винт-крыло» работает как несущий винт обычного вертолета. Когда машина достигнет скорости 240 км/ч, винт останавливается и фиксируется в положении, при котором одна лопасть укладывается вдоль верхней передней части фюзеляжа, а две другие образуют вместе с обтекателем втулки крыло (нечто среднее между треугольным и стреловидным).

Для получения вертикальной тяги необязательно поворачивать при взлете и посадке самолет или отдельные его агрегаты — крыло с силовой установкой, двигателя, винты. Созданы машины, в которых отклоняется вниз струя отбрасываемого винтами воздуха или вытекающих из реактивных двигателей газов. Мы уже упоминали о самолетах, имеющих благодаря мощной механизации крыла очень небольшие разбег при взлете и пробег при посадке. Были созданы опытные легкие вертикально взлетающие самолеты с очень развитой механизацией крыла — большими трехщелевыми закрылками, предкрылками, специальными вертикальными шайбами на концах крыла и другими устройствами. У этих самолетов поток воздуха от винтов отклоняется почти на 90°, и машины взлетают вертикально.

Большее распространение получили разработки самолетов с отклонением струи реактивных двигателей. Появились самолеты такого типа, пригодные для практического использования.

В Англии фирма «Хоукер» в течение многих лет вела разработку вертикально взлетающего реактивного истребителя-бомбардировщика. Первый полет самолет «Хоукер» Р. 1127 совершил еще в 1960 г. К 1966 г. уже было построено 15 самолетов Р. 1127 и модифицированного варианта «Кэстрел». Внешне самолет фирмы «Хоукер» почти не отличается от обычных самолетов.

Главная особенность силовой установки — наличие четырех поворотных сопел, которые обеспечивают вертикальную тягу. Сопла поворачиваются на 100° с помощью цепной передачи, приводимой в движение двумя специальными пневматическими двигателями. Выходные отвер-

стия (по два с каждой стороны) находятся на фюзеляже, они прикрыты специальными обтекателями.

У самолета обычное вертикальное и горизонтальное хвостовое оперение. Под фюзеляжем имеется небольшой дополнительный киль.

На взлете, посадке и переходных режимах самолет управляется с помощью системы струйных рулей — реактивные сопла продольного и путевого управления находятся на продольной балке и хвосте фюзеляжа, сопло продольного управления имеется также в носовой части фюзеляжа, есть сопла и на концах крыла. Для создания управляющих сил из сопел выпускается сжатый воздух, который отбирается за компрессором двигателя и по системе трубопроводов подается к рулевым соплам.

Когда самолет переходит к горизонтальному полету и сопла двигателя поворачиваются назад, сопла системы управления автоматически отключаются, самолет полностью управляется аэродинамическими рулями.

Органы управления в кабине пилота почти не отличаются от обычных.

Во время испытаний машины садилась на различные неподготовленные площадки, в том числе на небольшую лесную поляну размером всего 15×15 м.

Вертикально взлетающие в строю

С 70-х годов в Англии серийно выпускаются истребители-бомбардировщики «Хариер». Они отличаются от опытных машин В. 1127 и «Кэстрел» прежде всего более мощным двигателем и размерами крыла и фюзеляжа. Взлетная масса модифицированного самолета также заметно возросла — более 7 т при вертикальном взлете и около 10 т при взлете с разбегом.

Истребитель-бомбардировщик «Хариер» может летать на большой скорости на малых высотах, несет разнообразное вооружение.

Одно из главных достоинств военных самолетов вертикальных взлета и посадки — возможность их рассредоточения в боевой обстановке на элементарно оборудованных базах без бетонированных взлетно-посадочных полос. Поэтому они должны быть приспособлены для обслуживания с применением минимума технических средств в полевых условиях. Для такого самолета особенно важно предотвратить возникновение неисправностей, достоверно определить их отсутствие, а если неисправность все-таки появилась, иметь возможность быстро и точно определить ее происхождение и устранить.

Англия широко рекламирует возможности самолетов вертикальных взлета и посадки «Хариер». Еще в апреле 1969 г. за 6 ч 37 мин самолет совершил трансатлантический перелет с английской базы ВВС и приземлился на аэродроме военно-морского флота США. В полете он заправлялся топливом с самолетов-заправщиков «Виктор».

Через некоторое время один «Хариер» совершил перелет из центра Лондона в центр Нью-Йорка, а второй — с подготовленной в Манхэттене площадки в Лондон. Это первые случаи взлета и посадки реактивных вертикально взлетающих самолетов в центре города.

В сентябре 1986 г. начались испытания самого нового варианта

английского вертикально взлетающего палубного самолета «Харриер» с двигателем «Пегас» Mk-105 с тягой 97,5 кН и мощным вооружением.

Самолеты с поворотом потока газа имеют немало преимуществ: нет необходимости в сложных устройствах поворота крыла или двигателей, так как тяга одного и того же двигателя используется для вертикальных, горизонтальных и переходных режимов полета; запуск двигателя, его проверка и рулежка самолета по аэродрому производятся при горизонтальном положении сопл, значительно уменьшая возможность попадания в двигатель пыли, грязи и эрозию взлетной площадки; при горизонтальном положении сопл аппарат может взлетать как обыкновенный самолет, что позволяет использовать его с гораздо большей нагрузкой.

Характерная особенность силовых установок подобных самолетов — специальные устройства для поворота потока газов, выходящих из двигателя. Основой для разработки таких устройств послужил опыт применения реверсов тяги для торможения самолетов. В реверсивных агрегатах использовались дефлекторы газовых струй — поворотные решетки, отклонявшие поток газов при посадке самолета.

Эксплуатация самолетов с реверсами тяги началась более 30 лет назад. Сейчас реверс тяги широко применяется для торможения самых различных самолетов — от истребителей до пассажирских машин.

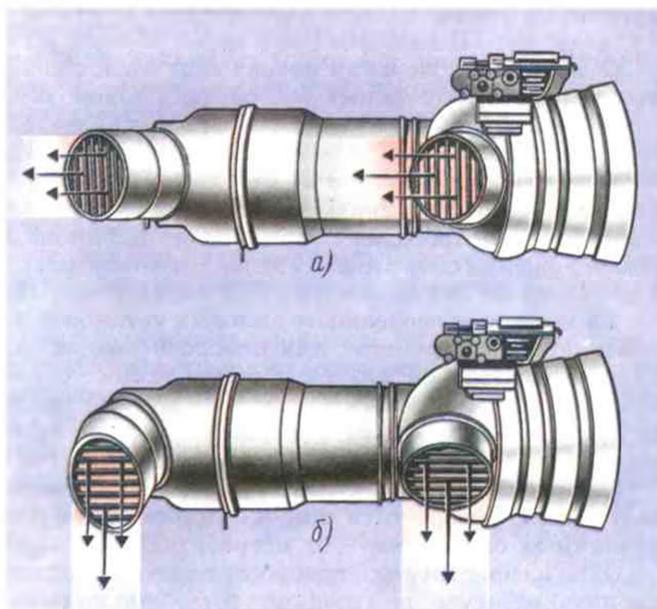
Одна из конструкций поворотного устройства рассчитана на двухпозиционную работу — для создания вертикальной или горизонтальной тяги. В конце выхлопной трубы двигателя находятся два сопла. Одно представляет собой обычное окончание трубы, направлено отверстием назад, другое расположено до него и направлено отверстием вниз. Внутри выхлопной трубы размещаются сферические заслонки. В одном положении они закрывают направленное вниз сопло и пропускают поток газов в обычное сопло. Двигатель создает горизонтально направленную тягу. В другом положении заслонки перекрывают обычное сопло и направляют поток газов вниз. Двигатель создает вертикально (вверх) направленную тягу.

Такое устройство поворота создает тягу, направленную строго вперед или вверх, что затрудняет полет на переходных режимах. Этот недостаток несколько смягчается возможностью отклонения направленного вниз сопла на некоторый угол вперед и назад. Однако из-за конструктивных сложностей сопло можно отклонять лишь на небольшой угол, и переход от вертикальной тяги к горизонтальной и обратно получается очень резким.

Остроумно решается проблема плавного изменения направления тяги в двигателях с поворотными соплами, как, например, в двигателях «Пегас», разные модификации которых установлены на нескольких вертикально взлетающих самолетах.

У двигателей «Пегас» нет обычного, направленного назад сопла. Нет и сопла, направленного вниз. Выхлопная труба у них раздваивается и образует по два сопла по бокам двигателя. (Всего у «Пегаса» четыре сопла, об этом ниже.) Кажется, что это бессмысленно: тяга газов, вытекающих из таких сопл, не будет толкать самолет ни вверх, ни вперед, составляющие силы тяги, направленные в противоположные стороны, будут взаимно уничтожаться. Но этого не происходит. В соплах находятся отклоняющие пластинки, решетки, установленные наклонно к оси сопла.

Схема работы поворотных сопел двигателя «Пегас» (а — тяга в горизонтальном направлении; б — тяга в вертикальном направлении)



Они отклоняют струю выхлопных газов назад по отношению к двигателю, установленному горизонтально на самолете (на рисунке показана пара сопел, расположенных по одной стороне четырехсоплового двигателя). Образуется тяга, толкающая двигатель и самолет вперед. Она-то и используется при горизонтальном полете. Сопла могут поворачиваться (не отклоняться, а поворачиваться вокруг своей оси). Поверните мысленно сопла против часовой стрелки — струя вытекающих из сопел и отклоняемых пластинками газов (см. стрелки на рисунке) начнет поворачиваться вниз, пока не достигнет положения, показанного на рисунке. Теперь тяга будет направлена строго вверх. Изменение направления тяги произошло плавно, через множество промежуточных положений, что очень важно для переходных режимов. Опыт эксплуатации таких двигателей подтвердил относительную простоту и удобство применения системы с четырьмя поворотными соплами.

Кроме рассмотренных систем изменения направления тяги, существует комбинированная система отклонения струи. Отклоняющее устройство состоит из двух створок, нормально образующих часть внутренней стенки выхлопной трубы. В горизонтальном полете поток газов проходит по выхлопной трубе и вытекает через расположенное сзади обычное сопло. Когда нужно отклонить струю, створки сдвигаются назад, перекрывая сечение задней части трубы, ведущей к соплу. Одновременно створки открывают ранее закрытые ими два боковых отверстия — по одному с каждой стороны выхлопной трубы. От каждого отверстия в сторону отходит короткая труба, в конце которой находятся отклоняющие решетки. Оба решетчатых сопла смонтированы на подшипниках и могут вращаться.

Система с отдельным реактивным соплом для крейсерского полета и решетками сопловых лопаток для взлета и посадки имеет свои преимущества — позволяет при горизонтальном полете, используя обычное сопло с наиболее подходящим сечением, получить минимальный расход топлива при крейсерском полете, а при взлете использовать сечение, наиболее подходящее для максимальной тяги.

Созданы самолеты, в которых тяга турбореактивных двигателей для вертикальных взлета и посадки используется не непосредственно, а с помощью агрегатов усиления тяги.

В самолете фирмы «Локхид» поток газов от двух турбореактивных двигателей, установленных в гондолах по бокам фюзеляжа, при горизонтальном полете вытекает через обычные сопла назад. Для создания вертикальной тяги при взлете и посадке поток газов с помощью клапанов направляется в эжекторное устройство в центральной части фюзеляжа. Эжекторная система имеет два центральных воздушных канала, от которых отходят поперечные каналы с щелевыми соплами на концах. Сопла выходят в эжекторные камеры, которые могут закрываться створками на верхней и нижней поверхностях фюзеляжа.

При работе сопл в эжекторных камерах через открытые створки верхней поверхности фюзеляжа подсасывается большой объем воздуха. Скорость потока заметно снижается, а отбрасываемая масса газов возрастает. (Напомним, что для вертикальных режимов выгоднее получить поток с большой отбрасываемой массой и низкой скоростью.)

При работе эжекторного устройства самолета, о котором идет речь, вытекающие газы (их температура 650°C) эжектируют воздух, объем которого в 5,5 раза больше объема самих газов. На выходе из эжекторных камер через створки нижней поверхности фюзеляжа поток газов и воздуха имеет уже температуру 145°C и небольшую скорость, что очень упрощает проблему эксплуатации самолета (газы, имеющие высокую температуру и большую скорость, быстро разрушают взлетную площадку). Но главное достоинство эжекторной установки — увеличение тяги (на 30% больше суммарной тяги обоих двигателей). Это очень существенно, ибо, если тяга двигателей рассчитана для вертикальных режимов, в горизонтальном полете она используется лишь частично, что приводит к увеличению расхода топлива.

Существует ряд других интересных проектов самолетов вертикальных взлета и посадки, использующих отклонение струи турбореактивных двигателей через систему эжекторов.

Другой способ вертикальных взлета и посадки с помощью агрегатов усиления тяги — использование турбореактивных двигателей в качестве газогенераторов для привода турбовентиляторных установок. Вентиляторы создают тягу, значительно превышающую тягу двигателей, установленных на таком самолете.

Совершенствование реактивных двигателей, уменьшение отношения массы двигателя к развиваемой им тяге позволили создать вертикально взлетающие самолеты с двумя группами двигателей. Такие самолеты имеют двигатели для горизонтального полета (так называемые маршевые двигатели) и специальные двигатели для вертикального взлета и посадки, установленные в самолете вертикально (подъемные двигатели).

Устанавливают дополнительные подъемные двигатели и на самолетах с укороченным взлетом.

Несмотря на конструктивную сложность таких самолетов из-за наличия двух групп двигателей, многие специалисты считают подобную схему весьма перспективной. Дело в том, что турбореактивный двигатель с тягой, превышающей вес самолета, не может быть оптимальным и на взлетном, и на крейсерском режимах. Расход топлива у него всегда будет большим. Двигатель, спроектированный лишь для определенного режима полета, позволяет уменьшить расход топлива почти на 30% по сравнению с многорежимным двигателем. Воздухозаборник для двигателя, рассчитанного на нулевую скорость (при вертикальных взлете и посадке), должен заметно отличаться от воздухозаборника для сверхзвуковых скоростей.

Кроме того, наличие нескольких небольших подъемных двигателей создает более безопасные условия при взлете и посадке. Использование подъемных двигателей становится, однако, целесообразным лишь при наличии совершенных двигателей небольших размеров, малой массы, очень простой конструкции. Такие двигатели рассчитаны только на полет с малой скоростью на небольшой высоте. Работа на небольших высотах позволяет применить камеру сгорания малого объема и малой длины. Подъемные двигатели должны работать гораздо меньше времени, чем маршевые, так как они включаются только при взлете и посадке. Если маршевые турбореактивные двигатели могут работать многие сотни (на пассажирских самолетах — тысячи) часов, то срок службы подъемного двигателя исчисляется несколькими десятками часов. В то же время важно обеспечить высокую надежность запуска этих двигателей. Запускать подъемные двигатели приходится по меньшей мере вдвое чаще, чем маршевые (перед взлетом и перед посадкой), не только на земле, но и в воздухе во время полета.

Семейство подъемных двигателей для самолетов вертикального взлета и посадки создано специалистами английской фирмы «Роллс-Ройс». Эти двигатели установлены на экспериментальных вертикально взлетающих самолетах, построенных в Англии, ФРГ, Франции.

Первым из этого семейства был двигатель В.108 с тягой немногим более 10 кН и массой всего 129 кг. Отношение тяги к массе (мера определения весового совершенства двигателя) у него было более 8 — гораздо лучше, чем у обычных маршевых турбореактивных двигателей. Однако для подъемного двигателя очень важно не только иметь небольшую массу, но и занимать по возможности меньший объем, иметь небольшие размеры. Особенно важна длина. Ведь подъемные двигатели обычно устанавливаются вертикально и должны вписываться в фюзеляж, по возможности не увеличивая его лобового сопротивления. Длина В.108 немногим более 1 м, диаметр — 51 см. Двигатель имеет восьмиступенчатый компрессор, двухступенчатую турбину и компактную кольцевую камеру сгорания малой длины и небольшой массы.

Большие исследовательские работы по самолетам с подъемными двигателями проводятся во Франции. На базе серийного истребителя-бомбардировщика был построен самолет вертикального взлета и посадки «Бальзак» со скоростью 1000 км/ч и взлетной массой около 7 т.

В горизонтальном полете основную часть тяги создает расположенный в хвосте фюзеляжа маршевый двигатель с тягой 22 кН, а для взлета и посадки используются 8 вертикально установленных двигателей, которые описаны выше (модификация В.10).

На режиме висения и на переходных режимах самолет управляется системой реактивных рулей.

Треугольное крыло у самолета «Бальзак» такое же, как и у серийных самолетов «Мираж». Все системы и оборудование тоже почти идентичны.

Эксперименты с «Бальзаком» позволили создать истребитель-бомбардировщик «Мираж III». У него также 8 подъемных двигателей, только тяга каждого более 20 кН. Маршевый двигатель имеет гораздо большую тягу, чем двигатель «Бальзака». Самолет массой около 13 т достигает скорости 2400 км/ч.

На «Мираже III» установлен двигатель «Роллс-Ройс» В.162. Этот подъемный двигатель дает почти вдвое бóльшую тягу, чем В.108, а масса его меньше — всего 125 кг. Отношение тяги к массе у него очень высокое — 14. Двигатель имеет шестиступенчатый компрессор с небольшой степенью сжатия. Малая степень сжатия приводит к относительно низкой температуре подаваемого компрессором воздуха. Это позволило использовать в конструкции компрессора пластмассы. Пластмассовые детали отличаются легкостью, высокой прочностью, дешевизной.

Компактная автономная конструкция двигателя позволяет использовать его и в качестве ускорителя для самолетов с укороченным разбегом. Малые размеры дают возможность устанавливать двигатель в хвостовой части фюзеляжа. При посадке такой ускоритель, если он снабжен реверсом тяги, может быть использован для торможения.

Для управления вертикально взлетающим самолетом при взлете, посадке и на переходных режимах большое значение имеет возможность очень быстрого изменения тяги двигателей. Подъемные двигатели В.108 и В.162 исключительно послушны рычагу управления — его можно передвинуть рывком из положения малого газа в положение полного газа, и тяга двигателей быстро изменится. Разгон двигателя происходит менее чем за 1 с.

Создан и двигатель В.202 с очень высокой степенью двухконтурности. Отношение тяги к массе в этом двигателе достигло уже 15.

Дальнейшее совершенствование подъемных двигателей, вероятно, позволит создать совсем необычные самолеты. Некоторые зарубежные конструкторы полагают, что уже при наличии двигателей, тяга которых будет в 30 раз больше веса двигателя, можно создать большой бескрылый самолет. Такая машина сможет летать на небольшой высоте (до 1500 м), а подъемная сила в горизонтальном полете будет создаваться и двигателями, и несущим фюзеляжем. Экономия за счет крыла позволит увеличить полезную нагрузку. Существует эскизный проект такого самолета.

Созданы самолеты и с комбинированной системой двигателей для вертикальных взлета и посадки. В них для создания вертикальной тяги используется как отклонение реактивной струи маршевых двигателей, так и установка специальных подъемных двигателей.

В группе с составными силовыми установками сейчас существует наибольшее число проектов и разработок.

Як-38 взлетает с палубы корабля



Самолеты вертикального взлета и посадки Як-38 на крейсере «Киев»



* * *

В настоящее время самолеты вертикальных взлета и посадки заняли прочное место в качестве мощного боевого средства в авиации военно-морских флотов. Мы уже рассказывали об английских самолетах «Харьер», принятых на вооружение в Англии и других странах НАТО.

Хорошо известны боевые самолеты вертикальных взлета и посадки Як-38. На нашем снимке вы видите их на палубе противолодочного крейсера «Киев». Этот самолет имеет один подъемно-маршевый и два подъемных двигателя, развивает скорость до 1150 км/ч, имеет на вооружении ракеты «воздух — воздух» и «воздух — поверхность», 23-мм пушки, бомбы. На авиасалоне в Фарнборо (1992 г.) демонстрировался новый самолет вертикального взлета и посадки Як-141 — первый в мире вертикально взлетающий, сверхзвуковой самолет. Он развивает скорость до 1800 км/ч, его максимальная взлетная масса около 20 т. Як-141 предназначен для перехвата воздушных целей, ведения маневренного боя с самолетами противника, нанесения ударов по кораблям и наземным целям. Этот самолет намного опережает аналогичные зарубежные разработки.

Проектов самолетов вертикальных взлета и посадки в разных странах существует очень много: истребителей-бомбардировщиков, разведывательных, связных, транспортных, пассажирских. Существуют проекты машин с турбореактивными и турбовинтовыми двигателями, с вентиляторными и эжекторными установками, самолетов-вертолетов со складывающимися винтами и множество других. Конечно, далеко не всем проектам суждено осуществиться, тем более что иногда они носят рекламный характер. Однако нередко в проектах встречаются интересные инженерные замыслы. По некоторым из них можно судить о направлениях развития самолетов вертикальных взлета и посадки — этих летательных аппаратов близкого будущего.

Вернемся, однако, от проектов к действительности. На пути развития и внедрения самолетов вертикальных взлета и посадки предстоит преодолеть еще немало трудностей: нужны еще более совершенные двигатели, серьезна проблема эрозии взлетной площадки, аппараты вертикального взлета и посадки очень дороги. Немало проблем связано с надежным управлением и эксплуатацией этих машин. Большая мощность силовой установки остро ставит проблему шума. А ведь пассажирские вертикально взлетающие самолеты должны взлетать и садиться в черте города — в этом в значительной мере смысл их появления.

В общем, проблем предстоит решить немало.

Но теперь уже нет сомнений: самолеты с укороченными взлетно-посадочными дистанциями и аппараты вертикальных взлета и посадки — это одно из важных направлений развития авиационной техники.

4 Все дальше в небо

Немного истории

В истории ракетной техники и космонавтики велика роль нашей страны. Не только золотые страницы непосредственного проникновения в космос, которое началось 35 лет назад запуском на околоземную орбиту первого в мире советского искусственного спутника Земли, но и более ранние — научное обоснование идей космических полетов, первые расчеты, многие первые эксперименты — вписаны в историю нашими соотечественниками.

Излагать историю ракетной техники и космонавтики — тема отдельных книг. Эти несколько страниц — только штрихи, нужные для того, чтобы подвести читателя к рассказу о современных ракетах и космических аппаратах, о космонавтике наших дней.

На протяжении сотен лет пороховые ракеты применялись на Востоке, а затем в Европе как фейерверочные, сигнальные, боевые. Примерно в 1680 г. в Москве было открыто «ракетное заведение», изготовлявшее значительное количество пороховых ракет. В XVIII — XIX вв. пороховые ракеты состояли на вооружении русской армии и флота. В начале XIX в. новые образцы боевых ракет и легкие пусковые установки к ним создал генерал А. Д. Засядко, который был инициатором широкого внедрения в русскую армию ракетного оружия. Поборником ракетного оружия был генерал К. И. Константинов, ученый-артиллерист, руководитель Петербургского ракетного завода, автор вышедшего в 1861 г. фундаментального труда «О боевых ракетах». В книге «Артиллерия», изданной в Петербурге в 1857 г., К. И. Константинов писал: «В каждый момент горения ракетного состава количество движения, сообщаемого ракете, равно количеству движения истекающих газов». Впоследствии, независимо от Константинова, это равенство определил К. Э. Циолковский.

Начиная с середины XIX в. появляются и первые предложения русских изобретателей и ученых об использовании ракетных двигателей на летательных аппаратах. К 1849 г. относится предложение военного инженера И. И. Третеского о летательных аппаратах легче воздуха, которые могут двигаться при помощи реакции струи газа или пара. В 1866 г. адмирал русского флота Н. М. Соковнин предложил реактивный аэростат. Патент на реактивный самолет типа «Дельта» выдан в 1867 г. отставному капитану артиллерии Н. А. Телешову. В 1887 г. в своей брошюре «Общее основание устройства воздухоплавательного парохода (паролета)» проект летательной машины с паровым реактивным двигателем предложил киевский изобретатель Ф. Р. Гешвенд. Автором первого в мире проекта ракетного аппарата для полета человека был Н. И. Кибальчич, русский революционер-народоволец, казненный за покушение на царя.

В марте 1861 г., находясь в тюрьме перед казнью, этот человек большого таланта и огромного мужества разработал «Проект воздухоплавательного прибора», в котором рассматривались устройство порохового ракетного двигателя, управление аппаратом путем изменения угла наклона двигателя, обеспечение устойчивости аппарата и другие технические вопросы. Научный подвиг Кибальчича увековечен в космосе. Его именем теперь назван один из кратеров на обратной стороне Луны.

Уже через два года после казни Кибальчича впервые обращается к ракетам и космосу наш соотечественник, отец космонавтики К. Э. Циолковский. В 1883 г. в работе «Свободное пространство» он впервые описывает свой космический корабль с ракетным двигателем. А в 1903 г. в майском номере журнала «Научное обозрение», выходящего в Петербурге, была опубликована классическая работа К. Э. Циолковского «Исследование мировых пространств реактивными приборами». В ней впервые излагались основные законы теории полета ракеты, были обоснованы возможности использования ракет для межпланетных полетов, описывалось устройство ракеты. К. Э. Циолковский уже в этой работе впервые в мире выдвинул основные положения теории жидкостных ракетных двигателей и предложил основные элементы устройства ракетного двигателя на жидком топливе. В последующих работах Циолковский выдвинул еще немало блестящих технических идей, которые до сих пор находят широкое применение при создании космических ракет и аппаратов, ракетных двигателей.

Человек, первым шагнувший из корабля в открытый космос, А. Леонов, сказал о книге Циолковского «Вне Земли», выпущенной в 1920 г.:

— Циолковский точен в деталях и совершенно прав по существу.

Наряду с Циолковским в конце XIX и первые десятилетия XX в. над проблемами реактивного полета, и в частности ракетных двигателей, работали и многие другие русские ученые и изобретатели. В 1882—1884 гг., исследуя вопросы энергетики реактивных двигателей, С. С. Неждановский рассмотрел (в одной из своих рукописей) применение в качестве источника энергии для ракетного двигателя взрывчатой смеси двух жидкостей — керосина (горючего) и азотной кислоты (окислителя). Крупный ученый И. В. Мещерский в своих работах, посвященных механике тел переменной массы (1897—1904 гг.), изложил основные уравнения ракетодинамики. Известен вклад в решение различных проблем реактивного движения изобретателя А. П. Федорова, отца русской авиации Н. Е. Жуковского, талантливого популяризатора науки Я. И. Перельмана.

В 1917—1919 гг. молодой талантливый исследователь Ю. В. Кондратьев (под этим именем он был известен многие годы, его подлинная фамилия В. И. Шаргей) разработал ряд важных проблем ракетного движения. В работах «Тем, кто будет читать, чтобы строить» и «Завоевание межпланетных пространств» (1929 г.) он вывел своим оригинальным методом основные уравнения движения ракеты. В ряде вопросов его работы не только повторили, но и дополнили труды Циолковского. Он рассматривал энергетически наиболее выгодные траектории космических полетов, теорию многоступенчатых ракет, использование промежуточных заправочных ракетных баз, торможение атмосферой и др. Интересно, что



еще в то время Кондратюк предложил при полетах к Луне выходить на орбиту искусственного спутника Луны и затем отделять лунный взлетно-посадочный аппарат. Он указывал, что энергетически это выгодно. Ю. В. Кондратюк предложил использовать в ракетных двигателях в качестве горючего некоторые металлы, металлоиды и их водородные соединения, в частности бороводороды.

Всю свою сознательную жизнь посвятил решению проблем ракетной техники и космических полетов известный ученый и изобретатель Ф. А. Цандер. В 1907 г. он начал проводить свои теоретические исследования, а позже и инженерные расчеты в этой области. Его основная идея — сочетание ракеты с самолетом для взлета с Земли и затем сжигание металлических частей самолета в двигателе ракеты для увеличения дальности ее полета. Проект межпланетного корабля-аэроплана был представлен Цандером в 1921 г. в докладе на Московской конференции изобретателей, а в 1924 г. опубликован в журнале «Техника и жизнь» в статье «Перелеты на другие планеты».

Ф. А. Цандер рассматривал вопросы использования атмосферы при взлете и посадке ракет, возможности использовать давление света для полета в космическом пространстве. Он писал о траекториях межпланетных перелетов с наименьшим расходом топлива, о наиболее благоприятных сроках вылета. Особенно подробные расчеты сделаны им для полета на Марс, который был мечтой всей его жизни. Цандер не ограничился областью теории и расчетов. В 1930 г. им был построен первый советский лабораторный реактивный двигатель ОР-1, работавший на бензине и сжатом воздухе. Он развивал силу тяги 1,45 Н. Цандер участвовал в ряде разработок ГИРД (группы изучения реактивного движения), одним из



организаторов которой он был. В рядах этой группы трудились многие энтузиасты ракетного дела.

В Московской и Ленинградской ГИРД (созданы осенью 1931 г. при Центральном совете Осовиахима СССР) велись интенсивные работы по созданию ракетных двигателей.

Вместе с Цандером активное участие в организации московской группы принимал С. П. Королев, впоследствии академик, выдающийся конструктор ракетно-космических систем. Кроме них, в Московской группе работали известный специалист по аэродинамике и математик В. П. Ветчинкин, М. К. Тихонравов, Ю. А. Победоносцев, И. А. Меркулов, Б. И. Черановский и другие.

В Ленинградской группе сотрудничали профессор Н. А. Рынин — декан факультета воздушных сообщений Ленинградского института путей сообщения, создатель уникальной энциклопедии межпланетных полетов, изданной в девяти книгах в 1928—1932 гг., ученый-популяризатор Я. И. Перельман, инженеры В. В. Разумов, А. Н. Штерн, Е. Е. Чертовский, В. И. Шорин и другие.

Московская группа изучения реактивного движения, которую летом 1932 г. возглавил С. П. Королев, вскоре была переименована в Центральную. В ГИРД были построены сконструированные Цандером ракетные двигатели ОР-2 и «10». 17 августа 1933 г. в Нахабине под Москвой взлетела в небо первая советская жидкостная ракета с двигателем, который работал на желеобразном бензине и жидком кислороде и в течение 10 с развивал силу тяги 250—330 Н. Длина ракеты составляла 2,4 м, стартовая масса — 19 кг, запас топлива — 5 кг. Эта ракета «ГИРД-09» создана под руководством С. П. Королева по проекту М. К. Ти-



хонравова. Ракета «ГИРД-09» поднялась на 400 м, а через некоторое время усовершенствованный вариант этой ракеты — на высоту 1500 м. Через несколько месяцев (25 ноября 1933 г.) запустили новую ракету «ГИРД-Х», сконструированную под руководством Ф. А. Цандера. Ее двигатель работал на спирте и жидком кислороде и в течение 20—22 с развивал силу тяги до 650 Н. Гирдовцы также разработали проекты ряда других жидкостных ракетных двигателей баллистических и крылатых ракет, проводили эксперименты по сжиганию металлического горючего в воздухе. Под руководством Ю. А. Победоносцева разработали проект прямого воздушного реактивного двигателя и сверхзвуковую аэродинамическую трубу. ГИРД под руководством С. П. Королева внесла большой вклад в развитие советского ракетостроения. В конце 1933 г. ГИРД объединили с ГДЛ (Газодинамической лабораторией) — первой советской ракетной научно-исследовательской организацией. Так возник РНИИ — первый в мире Реактивный научно-исследовательский институт.

ГДЛ была создана в 1921 г. по инициативе и под руководством Н. И. Тихомирова для разработки ракетных снарядов на бездымном порохе. Размещалась она вначале в Москве, а затем в Ленинграде. Лаборатория была подчинена военно-научно-исследовательскому комитету при Реввоенсовете. В лаборатории инженерами Б. С. Петропавловским, Г. Э. Лангемаком, В. А. Артемьевым, И. Т. Клейменовым, Л. Э. Шварцем и другими были созданы ракетные снаряды различных калибров на бездымном порохе для армии и авиации, которые успешно прошли испытания в 1933 г. Именно эти снаряды после некоторой доработки превратились в грозные «катюши» — гвардейские реактивные минометы, сыгравшие немалую роль в Великой Отечественной войне 1941—1945 гг.

В Ленинградской газодинамической лаборатории по инициативе В. П. Глушко (впоследствии академика, генерального конструктора ракетно-космических систем) в 1929 г. был создан отдел, в котором разрабатывались ракеты, первые жидкостные ракетные двигатели, первый в мире электротермический ракетный двигатель. В 1930—1931 гг. в ГДЛ спроектированы и построены первые в СССР стендовые жидкостные ракетные двигатели ОРМ (опытный ракетный мотор), ОРМ-1, ОРМ-2. В 1931 г. произведено около 50 стендовых огневых испытаний этих двигателей. В 1932—1933 гг. была создана и испытана целая серия опытных ракетных моторов — вплоть до ОРМ-52. В качестве горючего использовались бензин, бензол, толуол, керосин, в качестве окислителя — жидкий кислород, азотная кислота, оксид азота (IV). Официальные сдаточные испытания прошли в 1933 г. двигатель ОРМ-50, развивавший тягу 1500 Н, и ОРМ-52 — 2500—3000 Н. В ГДЛ впервые удалось успешно разрешить многие практические вопросы создания жидкостных ракетных двигателей. Кроме химического зажигания с использованием самовоспламеняющегося топлива, здесь еще ранее испытывалось пиротехническое зажигание, была применена керамическая теплоизоляция камер сгорания оксидом циркония (II), создано профилированное сопло, предложена карданная подвеска двигателя.

В ГДЛ были разработаны также пороховые и жидкостные ускорители взлета самолета. Пороховые ускорители успешно испытывались на самолетах различных классов — от легких самолетов У-1 до тяжелых бомбардировщиков ТБ-1.

В первые десятилетия нашего века ряд теоретических и экспериментальных работ по ракетной технике выполнен и за рубежом.

Американский ученый Роберт Годдард в 1919 г. опубликовал важный теоретический труд «Метод достижения крайних высот», в 1921 г. провел испытание первого в мире жидкостного ракетного двигателя. В марте 1926 г. впервые в мире произвел пуск ракеты на жидком топливе, она поднялась на 12,5 м.

В 1923 г. в Мюнхене вышел труд одного из пионеров ракетной техники и космонавтики Германа Оберта «Ракета в межпланетное пространство». Существенно дополненное издание, называвшееся «Пути осуществления космического полета», появилось в 1929 г. Оберт проводил также ряд экспериментальных работ по ракетной технике.

Во Франции в 1928 г. опубликовал свой труд «Исследование высших слоев атмосферы при помощи ракеты и возможность межпланетных путешествий» ученый, летчик, изобретатель, один из пионеров авиации и космонавтики Робер Эно-Пельтри. В 1927 г. он вместе с промышленником Луи Гиршем учредил первую международную премию по астронавтике. В 1933—1934 гг. эта премия была присуждена автору ряда научных и научно-популярных трудов советскому (с 1935 г.) ученому А. А. Штернфельду.

Создание в конце 1933 г. Реактивного научно-исследовательского института дало новый толчок развитию ракетостроения в нашей стране. Коллектив института поддерживал тесную связь с К. Э. Циолковским. В 1934—1938 гг. были произведены экспериментальные запуски многих ракет, созданных в РНИИ. Под руководством В. П. Глушко разработана

серия экспериментальных двигателей. В 1936 г. прошел официальные испытания двигатель ОРМ-65 — наиболее совершенный двигатель того времени. Он работал на азотной кислоте и керосине, тяга ОРМ-65 могла регулироваться в пределах от 500 до 1750 Н. В 1937—1938 гг. двигатель прошел 30 огневых наземных испытаний на ракетопланере РП-318-1 и 13 таких же испытаний на крылатой ракете «212». В 1939 г. ракета «212» с двигателем ОРМ-65 дважды испытывалась в полете. Конструктором ракеты «212» и ракетопланера РП-318-1 был С. П. Королев. В 1940 г. летчик В. П. Федоров совершил полет на этом ракетопланере с установленным на нем двигателем РДА-1-150 — модификацией ОРМ-65. В 1941—1942 гг. в РНИИ был создан новый жидкостный ракетный двигатель Д1-А-1100, развивавший номинальную тягу 11 000 Н. Он также работал на керосине и азотной кислоте. Он был установлен на самолете БИ-1, разработанном в те же годы А. Я. Березняком и А. М. Исаевым под руководством главного конструктора В. Ф. Болховитинова.

БИ-1 — первый советский самолет с жидкостным ракетным двигателем. Его масса при взлете составляла 1,5 т. 15 мая 1942 г. летчик Г. Я. Бахчиванджи совершил на этом самолете первый полет. В ряде испытательных полетов БИ-1 летал со скоростью 800 км/ч.

В 1939 г. В. П. Глушко, руководившим ранее работами по жидкостным ракетным двигателям в ГДЛ и РНИИ, была создана самостоятельная организация, превратившаяся в 1941 г. в опытно-конструкторское бюро по жидкостным ракетным двигателям. Здесь в 40-х годах было разработано семейство авиационных ЖРД: РД-1 — РД-3. Вспомогательные самолеты ЖРД имели силу тяги от 3 до 9 кН, тяга могла регулироваться, число повторных запусков было не ограничено. Эти двигатели в 1943—1946 гг. испытывались на самолетах Пе-2 В. М. Петлякова, Ла-7Р и 120Р С. А. Лавочкина, Як-3 А. С. Яковлева, Су-6 и Су-7 П. О. Сухого. Опыт, накопленный при разработке семейства авиационных ЖРД, послужил фундаментом для создания в ГДЛ — ОКБ мощных ракетных двигателей, установленных на многих советских ракетах различного назначения.

Шаг за шагом

Прошло совсем немного лет с момента появления первых жидкостных ракетных двигателей, созданных в ГДЛ, и запуска первых гидровских ракет. Четыре из них были отданы тяжелейшей борьбе против фашизма. После Великой Отечественной войны нужно было восстанавливать народное хозяйство на огромной территории, подвергшейся оккупации. И все эти годы продолжался вдохновенный труд академиков и рабочих, конструкторов и технологов, металлургов и химиков, специалистов по динамике полета и по двигателям над созданием ракетной техники.

Первые советские ракеты на твердом топливе еще в 1939 г. использовались с самолетов в боях на Халхин-Голе. А слава легендарных «катюш» во время Великой Отечественной войны гремела повсеместно.

Сразу после войны в нашей стране созданы мощные ракеты для мирного исследования космоса.



Первый в мире искусственный спутник Земли

Уже в 1949 г. ракета подняла 120 кг научной аппаратуры на высоту 110 км — это был большой успех нашей науки и техники.

Шли годы. Рос потолок полета ракет, увеличивалась их грузоподъемность. Вот уже 200 кг груза на высоту 212 км подняла советская ракета. Затем одноступенчатая геофизическая ракета вывела 1520 кг научной аппаратуры на высоту 473 км. Но все это было преддверием. История непосредственного покорения космоса, космическая эра человечества, началась 4 октября 1957 г. В тот день прозвучало сообщение из Москвы, которое заставило миллионы людей восторженно поднять лицо к небу. Это было сообщение о запуске первого искусственного спутника Земли. Он имел массу 83,6 кг, наш космический первенец. Мощная ракета подняла его (в апогее орбиты) на 947 км над Землей.

Первый искусственный спутник Земли представлял собой шар из алюминиевого сплава. Диаметр шара 58 см. На нем имелось четыре стержневые антенны радиопередатчиков. Длина двух из них — по 2,9 м, двух других — 2,4 м. Антенны передавали в эфир сигналы двух радиопередатчиков. Радиоаппаратура и аккумуляторы энергоснабжения находились внутри герметического корпуса — шара, заполненного азотом. Маленький вентилятор перемешивал азот в корпусе, поддерживая теплообмен между

аппаратурой и корпусом. Источники энергопитания обеспечивали работу аппаратуры в течение 3 недель.

Первый искусственный спутник Земли просуществовал 92 сут, совершив около 1400 оборотов вокруг нашей планеты.

В 1957 г. поднялся в небо второй советский искусственный спутник, его масса была больше полутонны.

Вот уж подлинно «шаги саженьи»!

Но дело не только в массе. Второй искусственный спутник Земли нес на борту значительное количество научной аппаратуры для изучения космоса. И более того. Он был обитаемый: симпатичная Лайка на его борту — первое живое существо на околоземной космической орбите.

В отличие от первого спутника, который после выведения на орбиту был отделен от последней ступени ракеты-носителя с помощью специального толкателя, второй спутник представлял собой последнюю ступень ракеты, в передней части которой на раме были установлены сферический контейнер с двумя радиопередатчиками и цилиндрической формы герметичная кабина с Лайкой. В сферическом контейнере находились также источники энергопитания, система терморегулирования и элементы, регистрирующие температуру, давление и другие параметры. В кабине Лайки имелась система кондиционирования воздуха (устройства для регенерации и терморегулирования), приспособление для кормления, аппаратура для регистрации пульса, дыхания, кровяного давления и биопотенциалов сердца животного. Специальная радиотелеметрическая аппаратура, которая периодически включалась программным часовым устройством, передавала на Землю данные всех измерений, проводимых на спутнике. На последней ступени ракеты находились два прибора для исследования космических лучей и прибор для изучения солнечных лучей в ультрафиолетовой и рентгеновской областях спектра. Приборы, сферический контейнер с аппаратурой и кабина с Лайкой для предохранения от тепловых и аэродинамических воздействий при полете в плотных слоях атмосферы были закрыты защитным конусом, который был сброшен специальным механизмом после выведения последней ступени ракеты на орбиту.

Второй искусственный спутник совершил 2370 оборотов вокруг Земли, просуществовав около 5 мес.

В наши дни уже многие сотни спутников, созданных в нашей стране, США и ряде других стран, работают в околоземном пространстве. Более того, за прошедшие годы наметилась их довольно четкая специализация. Одни из них призваны обслуживать земные нужды человека, непосредственно используются в народном хозяйстве, другие несут свою вахту в целях дальнейшего исследования космического пространства.

5 Могучее сердце ракеты

Что заставляет лететь ракету!

Спутники и лунники, космические корабли «Восток» и «Восход» с космонавтами на борту, автоматические межпланетные станции, космические корабли «Союз», орбитальные станции «Салют» и «Мир», американские космические аппараты, лунные космические корабли «Аполлон», американские и советские многоразовые космические корабли — всех их вынесли в космос ракетные двигатели.

Мощную современную космическую ракету движет сила реакции газов, вытекающих из сопла ракеты. Вырываясь огненным столбом из ракетного двигателя, они толкают сам двигатель и все, что с ним конструктивно связано, в противоположном направлении.

Ракетный двигатель — сердце ракеты, летательного аппарата, движущегося за счет реактивной силы, возникающей при отбросе части собственной массы. Именно наличие ракетного двигателя и превращает летательный аппарат в ракету.

Космическая ракета представляет собой весьма сложный и совершенный летательный аппарат. Она состоит из корпуса ракеты, двигателей и их систем, систем управления движением ракеты и полезной нагрузки — космического корабля или космического автоматического аппарата.

Ограниченные энергетические возможности ракетных топлив (подробнее об этом речь впереди) приводят к тому, что для достижения даже первой космической скорости (около 8 км/с) запас топлива для одноступенчатой ракеты должен составлять более 90% (до 95—96%) ее общей массы.

Даже используя новейшие сверхлегкие и сверхпрочные материалы и выдающиеся достижения конструкторской мысли, практически очень трудно создать ракету, у которой масса корпуса, двигателей, различных систем и полезной нагрузки составляла бы всего 5—7% общей массы заправленной топливом ракеты. Поэтому современные космические ракеты-носители состоят обычно из 2, 3 или 4 ступеней. И каждая ступень имеет свои двигатели. После выработки топлива работающей ступени она отделяется, и двигатели следующей ступени продолжают разгонять облегченную ракету, уже имеющую значительную скорость. Это позволяет многоступенчатой ракете при одинаковых запасах топлива и массе полезной нагрузки развить значительно большую скорость, чем одноступенчатой.

Ракетные двигатели представляют собой могучую ветвь обширного семейства реактивных двигателей, двигателей прямой реакции.

Главное принципиальное отличие любого реактивного двигателя состоит в том, что он непосредственно вырабатывает движение, сам

приводит в движение связанный с ним транспортный аппарат без участия промежуточных агрегатов, называемых движителями.

У самолета с поршневым или турбовинтовым двигателем мотор заставляет вращаться воздушный винт, пропеллер, который, врезаясь в воздух, отбрасывает массу воздуха назад и заставляет самолет лететь вперед. В этом случае движителем служит воздушный винт. Аналогично работает гребной винт корабля — только он отбрасывает массу воды. У автомобиля или поезда движителем служит колесо. И только реактивный двигатель не нуждается в опоре в окружающей среде, в массе, от которой отталкивался бы аппарат. Масса, отбрасываемая назад реактивным двигателем, в результате чего происходит движение вперед, называется рабочим телом или рабочим веществом двигателя.

Обычно раскаленные газы, работающие в реактивном двигателе, образуются при сгорании топлива, т. е. при химической реакции бурного окисления горючего вещества. Химическая энергия сгорающих веществ преобразуется при этом в тепловую энергию продуктов сгорания. А тепловая энергия полученных в камере сгорания двигателя горючих газов, которая представляет собой кинетическую энергию теплового движения молекул газа, превращается при его расширении в сопле в механическую энергию поступательного движения ракеты или реактивного самолета.

Для протекания реакции в двигателе должны взаимодействовать два вещества — горючее и окислитель.

К горючим элементам относятся водород, углерод, бор и некоторые металлы — литий, бериллий, алюминий и др. Окислителем являются кислород, фтор, хлор. Причем наиболее сильной способностью к окислению обладают кислород и фтор.

Горючее для реактивного двигателя всегда находится на борту летательного аппарата, а окислитель может также находиться на борту или поступать из окружающего воздуха (кислород). Таким образом, большая группа реактивных двигателей, хотя и вырабатывает движение непосредственно, без специального агрегата, взаимодействующего с окружающей средой, — движителя, все же в такой среде нуждается. Этим двигателям нужен воздух или, точнее, кислород воздуха для окисления горючего. Поэтому они называются воздушно-реактивными. Воздушно-реактивными двигателями оснащены реактивные самолеты.

Есть также проекты их использования в первых ступенях ракет — они должны работать в начале полета, пока ракета находится в плотных слоях атмосферы Земли.

Другой класс реактивных двигателей — это двигатели, для которых и горючее, и окислитель находятся на борту летательного аппарата. Именно эти двигатели называются ракетными. Они совсем не нуждаются в окружающей среде. Как раз это и делает их пригодными для работы в космосе.

Основной ракетный двигатель наших дней — это двигатель термохимический, т. е. такой двигатель, где для получения движения используется химическая энергия топлива. Возможны, однако, тепловые ракетные двигатели, где источником тепла служит не химическое топливо, а солнечная или ядерная энергия. В них нагревание рабочего тела

происходит благодаря концентрации солнечных лучей или за счет тепла, выделяемого при реакции ядерного распада или синтеза. Более того, могут быть ракетные двигатели, в которых рабочее вещество разгоняется без участия тепла благодаря взаимодействию электрических и магнитных сил. Таковы некоторые типы электрических ракетных двигателей. К проектам и опытным образцам нехимических ракетных двигателей мы еще вернемся.

Одна из особенностей химических ракетных двигателей — объединение в одном веществе источника энергии (топлива) и рабочего тела двигателя. Агрегатное состояние этого вещества может быть различным. В ракетных двигателях твердого топлива (РДТТ) это твердая смесь необходимых веществ. В жидкостных ракетных двигателях (ЖРД) горючее и окислитель хранятся в жидком виде и обычно в отдельных баках, воспламенение горючего происходит в камере сгорания, где оно смешивается с окислителем. Химические ракетные двигатели очень прожорливы. Им необходим большой запас топлива. Современная ракета с жидкостным ракетным двигателем представляет собой огромную летающую цистерну. В некоторых случаях баки с топливом составляют до 90% массы ракеты. Одна из причин этого — то, что для ракетного двигателя необходимо запастись на борту и горючее, и окислитель. А окислителя требуется гораздо больше, чем горючего. Именно поэтому воздушно-реактивные двигатели за каждую секунду работы расходуют значительно меньше запасенного на борту топлива (эта величина называется удельным расходом топлива). Ведь они расходуют только горючее, а кислород для его окисления, как мы уже знаем, поступает из окружающего воздуха. Очень высокий удельный расход топлива химических ракетных двигателей предопределяет кратковременность их работы. Для сколько-нибудь длительной работы ракетного двигателя невозможно запастись топливом на борту ракеты. Далеко не все читатели, вероятно, представляют себе, что маршевый ракетный двигатель лунного космического корабля «Аполлон» был рассчитан на работу в течение 750 с, т. е. всего 12,5 мин! Время работы жидкостных ракетных двигателей не превышает обычно 16—17 мин, а двигатели твердого топлива работают, как правило, и того меньше — до 2,5 мин!

И вот за эти-то короткие мгновения химический ракетный двигатель разгоняет огромную многотонную ракету до чудовищных скоростей. Ведь для вывода искусственного спутника Земли на орбиту нужна первая космическая скорость, которая у поверхности Земли составляет 7900 м/с, т. е. больше 28 тыс. км/ч, что в 10 раз больше скорости полета сверхзвукового самолета! Для полетов на Луну, Марс, Венеру нужна еще значительно большая скорость, которая превышала бы вторую космическую (11190 м/с у поверхности Земли).

Для получения высоких гиперзвуковых (больших сверхзвуковых) и космических скоростей нужны двигатели, развивающие большую силу тяги, т. е. силу, толкающую ракету.

В этом отношении химические ракетные двигатели вне конкуренции. Так, тяга каждого из четырех жидкостных ракетных двигателей, установленных на первой ступени крупнейшей в мире ракеты-носителя «Энергия», составляет 8060 кН!

Наряду с наличием всех компонентов топлива — рабочего тела на борту ракеты — большая сила тяги химических ракетных двигателей — важнейшее условие, которое делает их пригодными для полетов в космос.

Благодаря чему получают в ракетных двигателях большую тягу?

Как мы уже говорили, движение ракеты возникает при отбрасывании рабочего вещества. Далеко не безразлично, с какой скоростью истекает из сопла реактивного двигателя рабочее тело. Физический закон сохранения количества движения говорит о том, что количество движения ракеты (произведение ее массы на скорость, с которой она летит) будет равно количеству движения рабочего тела. Значит, чем больше масса выбрасываемых из сопла газов и скорость их истечения, тем больше тяга двигателя, тем большую скорость можно придать ракете, тем больше может быть ее масса и полезная нагрузка.

В большом ракетном двигателе за несколько минут работы перерабатывается и с высокой скоростью выбрасывается из сопла огромная масса топлива — рабочего тела. Чтобы увеличить скорость и массу ракеты, кроме разделения ее на ступени, есть только один способ — увеличение тяги двигателей. А повысить тягу, не увеличивая расхода топлива, можно только наращивая скорость истечения газов из сопла.

Существует в ракетной технике понятие удельного импульса тяги ракетного двигателя. Удельный импульс определяется отношением тяги двигателя к массе топлива, расходуемого за 1 с. Удельный импульс — наиболее важная характеристика ракетного двигателя.

Удельный импульс двигателя пропорционален скорости истечения газов из сопла. Увеличение скорости истечения позволяет снизить расход топлива на 1 кг тяги, развиваемой двигателем. Чем больше удельная тяга, чем больше скорость истечения рабочего тела, тем экономичнее двигатель, тем меньше топлива нужно ракете для совершения полета.

А скорость истечения непосредственно зависит от кинетической энергии движения молекул газа, от его температуры и, следовательно, от удельной теплоты сгорания топлива. Естественно, чем выше удельная теплота сгорания, энергопроизводительность топлива, тем меньше его нужно для совершения одной и той же работы.

Но скорость истечения зависит не только от температуры, она возрастает с уменьшением относительной молекулярной массы рабочего вещества. Кинетическая энергия молекул при одной и той же температуре обратно пропорциональна их относительной молекулярной массе. Чем меньше относительная молекулярная масса топлива, тем больше объем газов, образующихся при его сгорании. Чем больше объем газов, образующихся при сгорании топлива, тем больше скорость их истечения.

Поэтому водород в качестве компонента ракетного топлива выгоден вдвойне — из-за высокой удельной теплоты сгорания и малой относительной молекулярной массы.

Весьма важная характеристика ракетного двигателя — его удельная масса, т. е. масса двигателя, приходящаяся на единицу его тяги. Ракетный двигатель должен развивать большую тягу и в то же время быть легким. Ведь подъем каждого килограмма нагрузки в космос дается дорогой ценой, и если двигатель будет тяжелым, то он будет поднимать главным образом самого себя. Большинство реактивных двигателей вообще имеет

относительно небольшую удельную массу, но особенно хорош этот показатель у жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) и ракетных двигателей твердого топлива (РДТТ).

Современные ЖРД

Для устройства и работы ЖРД огромное значение имеет топливо, на котором работает двигатель. Химическим ракетным топливом могут служить вещества, находящиеся в разном агрегатном состоянии. Как следует из самого названия ЖРД, эти двигатели работают на топливе, которое представляет собой жидкость.

Требования, предъявляемые к жидким ракетным топливам, очень высокие. Прежде всего, как и любое ракетное топливо, оно должно иметь очень хорошие энергетические характеристики, чтобы обеспечить высокий импульс. Топливо должно также иметь по возможности большую плотность, что важно для получения высоких скоростей и уменьшения габаритов и массы ракетного аппарата. Свойства топлива должны обеспечивать достаточно полное его сгорание, чтобы избежать больших потерь топлива при работе двигателя. Весьма важны также и другие характеристики — топливо не должно быть склонным к взрыву, быть по возможности менее агрессивным к материалам, из которых изготовлены двигатель и баки, менее токсичным и т. д. Как правило, топливо ЖРД используют и для охлаждения двигателя (об этом ниже), поэтому важны его теплопроводность и теплоемкость. При малой вязкости и небольшом поверхностном натяжении жидкости компоненты топлива лучше дробятся на мельчайшие капельки в камере двигателя, что весьма существенно.

Известны топлива, которые выделяют энергию при реакции разложения, например пероксид водорода, гидразин. Они, естественно, состоят из одного компонента, одной жидкости.

Однако наиболее широко применяются в ракетной технике химические топлива, выделяющие энергию при реакции горения. Они состоят из окислителя и горючего. Такие топлива могут быть тоже однокомпонентными, т. е. представлять собой одну жидкость. Это может быть вещество, в молекулу которого входят как окислительные, так и горючие элементы, например нитрометан, или смесь окислителя и горючего, или раствор горючего в окислителе. Однако такие топлива обычно склонны к взрыву и малоупотребительны. Подавляющее большинство жидкостных ракетных двигателей работает на двухкомпонентном топливе. Окислитель и горючее хранятся в отдельных баках, и их смешение происходит в камере двигателя. Окислитель обычно составляет большую часть массы топлива — его расходуется значительно больше, чем горючего. В качестве окислителей чаще всего применяются жидкий кислород, оксид азота (IV), азотная кислота, пероксид водорода. Как горючее используются керосин, спирт, гидразин, аммиак, жидкий водород и др.

На ранней стадии развития ракетной техники в Германии и США применялась топливная пара — жидкий кислород и этиловый спирт. Однако это топливо имеет сравнительно низкую удельную теплоту сгорания и было вытеснено более эффективным ракетным топливом,

состоящим из жидкого кислорода и керосина. На этом топливе работала советская ракета-носитель «Восток», обеспечившая запуск первых наших космических кораблей с космонавтами на борту. На этом же топливе работали двигатели американских ракет «Атлас», «Титан», первой ступени ракеты «Сатурн-5», с помощью которой запускались на Луну космические корабли «Аполлон». Топливо, состоящее из жидкого кислорода и керосина, хорошо освоено в производстве и эксплуатации, надежно и дешево. Оно широко применяется в ЖРД.

В качестве горючего нашел применение несимметричный диметилгидразин. Это горючее в паре с окислителем — жидким кислородом — используется в двигателе РД-119, широко применяемом при запуске спутников «Космос». В этом двигателе достигнут очень хороший удельный импульс для ЖРД, работающих на кислороде и высококипящих горючих.

Наиболее эффективное из широко применяемых в настоящее время ракетных топлив — жидкий кислород плюс жидкий водород. Оно применяется на двигателях второй ступени ракеты-носителя «Энергия».

Поиски новых, все более эффективных ракетных топлив продолжаются постоянно. Много работают ученые и конструкторы, чтобы использовать в ЖРД фтор, который обладает более сильным окислительным действием, чем кислород. Образующие с применением фтора топлива позволяют получить наибольший удельный импульс для ЖРД и имеют высокую плотность. Однако использование его в ЖРД затруднено высокой химической агрессивностью и токсичностью жидкого фтора, высокой температурой сгорания (более 4500°C) и дороговизной.

Тем не менее в ряде стран ведутся разработки и стендовые испытания ЖРД на фторе. Впервые предложил использовать жидкий фтор для ЖРД еще Ф. А. Цандер в 1932 г., а в 1933 г. В. П. Глушко предложил в качестве окислителя смесь жидкого фтора и жидкого кислорода.

Многие топлива на основе фтора самовоспламеняются при смешении окислителя и горючего. Самовоспламеняются и некоторые топливные пары, не содержащие фтора. Самовоспламенение — большое достоинство топлива. Оно позволяет упростить конструкцию ЖРД и повысить его надежность. Некоторые топлива становятся самовоспламеняющимися при добавлении катализатора. Так, если к окислителю — жидкому кислороду — добавить сотые доли процента фтористого озона, то сочетание этого окислителя с керосином становится самовоспламеняющимся.

Самовоспламенение топлива (если оно не самовоспламеняющееся, то применяется пиротехническое или электрическое зажигание или впрыскивание порции пускового самовоспламеняющегося топлива) происходит в камере двигателя. Камера — основной агрегат ЖРД. Именно в камере смешиваются компоненты топлива, происходит его сгорание, и в результате образуется газ с очень высокой температурой ($2000—4500^{\circ}\text{C}$) и под высоким давлением (десятки и сотни атмосфер). Вытекающая из камеры, этот газ и создает реактивную силу, тягу двигателя. Камера ЖРД состоит из камеры сгорания со смесительной головкой и сопла. Смешение компонентов топлива происходит в смесительной головке, горение — в камере сгорания, а вытекают газы через сопло. Обычно все агрегаты камеры выполняются как одно целое.

Смесительная головка — очень важная часть камеры сгорания и всего ЖРД. В ней происходит так называемое смесеобразование — впрыск, распыление и смешение компонентов топлива.

Компоненты топлива — окислитель и горючее — поступают в смесительную головку камеры отдельно. Через форсунки головки они вводятся в камеру благодаря разности давлений в системе подачи топлива и головке камеры. Чтобы реакция в камере сгорания протекала как можно быстрее и была как можно более полной — а это очень важное условие эффективности и экономичности двигателя, — необходимо обеспечить наиболее быстрое и полное образование топливной смеси, сгорающей в камере, добиться, чтобы каждая частица окислителя встретила с частицей горючего.

Образование подготовленной к сгоранию топливной смеси состоит из трех процессов, переходящих один в другой, — распыления жидких компонентов, их испарения и смешения. При распылении — дроблении жидкости на капли — значительно увеличивается площадь ее поверхности и ускоряется процесс испарения. Очень важна тонкость и однородность распыления. Тонкость этого процесса характеризуется диаметром получаемых капель — чем меньше каждая капелька, тем лучше.

Для устойчивого горения и полного сгорания топлива очень важно также обеспечить равномерное распределение топлива по поперечному сечению камеры сгорания и выдержать заданное соотношение компонентов.

Следующий после распыления этап подготовки топлива к сгоранию — его испарение. Необходимо обеспечить наиболее полное испарение окислителя и горючего за кратчайшее время.

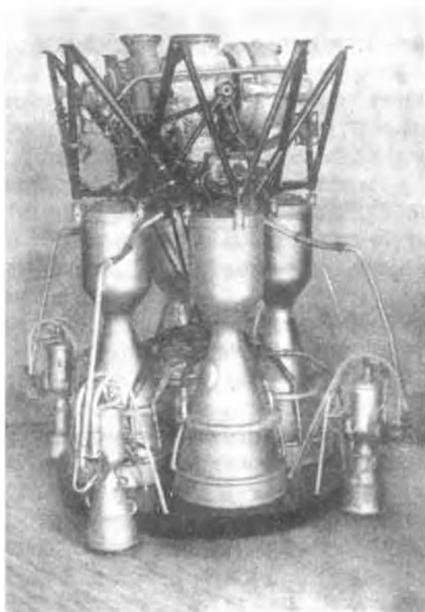
Скорость испарения зависит от температуры окружающей среды, физико-химических свойств компонентов топлива, размера капель и скорости их движения. Увеличение температуры среды и скорости капель, уменьшение их размера ускоряют испарение. Тепло, необходимое для испарения, поступает из следующей зоны камеры, где горит топливная смесь. Процесс испарения в камере двигателя осложнен тем, что испаряется не однородная жидкость, а сложная смесь компонентов с различными физико-химическими свойствами. Процесс испарения образовавшихся при распылении капель в камере ЖРД занимает всего от 0,002 до 0,008 с.

В результате распыления и испарения компонентов топлива образуются пары окислителя и горючего, из которых и получается горящая в камере двигателя смесь. Как мы уже говорили, в камере ЖРД нет четких границ между происходящими процессами.

Смешение компонентов начинается еще в жидкой фазе в зоне распыления и интенсивно продолжается в газообразной фазе в зоне испарения. По существу, процесс смешения начинается сразу же после поступления компонентов в камеру и заканчивается только по мере сгорания топлива.

При самовоспламеняющихся топливах процесс горения начинается еще в жидкой фазе, во время распыления топлива. При несамовоспламеняющихся топливах горение начинается в газовой фазе при подводе тепла от внешнего источника.

Жидкостный ракетный двигатель РД-108, установленный на второй ступени ракеты-носителя «Союз»



Но вот топливо распылено, перемешано, воспламенилось. При горении его в камере сгорания выделяется большое количество теплоты. Дальнейшее преобразование энергии происходит в сопле.

Сопло — часть камеры сгорания, в которой внутренняя энергия сжатого рабочего тела (смеси газов) преобразуется в кинетическую энергию газового потока, т. е. происходит его разгон до скорости истечения из двигателя. Сопло обычно состоит из сужающейся и расширяющейся частей, которые соединены в критическом (минимальном) сечении.

Первоначально в ракетной технике широко применялись простые конические сопла, однако в них довольно значительны потери энергии, масса их также значительна. Сейчас чаще всего в ЖРД применяются профилированные сопла, у которых контур расширяющейся части выполнен так, чтобы обеспечить максимальный удельный импульс. Формулы для расчетов наилучшего, так называемого экстремального контура сопла были впервые опубликованы советскими учеными Ю. Д. Шмыгловским и Л. Е. Стерниным в 1957 г.

Весьма сложная задача — обеспечить охлаждение камеры ЖРД. Обычно камера состоит из двух оболочек — внутренней огневой стенки и наружной рубашки. По пространству между оболочками протекает жидкость, охлаждающая внутреннюю стенку камеры ЖРД. Обычно для этого используется один из компонентов топлива. Нагретое горючее или окислитель отводится и поступает в головку камеры для использования, так сказать, по прямому назначению. В этом случае энергия, отобранная от стенок камеры, не теряется, а возвращается в камеру. Такое охлаждение (регенеративное) впервые было предложено еще К. Э. Циолковским и широко применяется в ракетной технике.



Жидкостный ракетный двигатель РД-214 первой ступени ракеты-носителя «Космос»

Если наружного охлаждения недостаточно, приходится применять внутреннее охлаждение камеры ЖРД. Для этого благодаря особому расположению форсунок создают пристеночный слой жидкости и газа с пониженной температурой. Иногда на внутреннюю поверхность камеры наносят защитное покрытие из тугоплавких материалов, имеющих низкую теплопроводность.

Для того чтобы топливо попало в смесительную головку, нужна, естественно, система подачи топлива. Наиболее проста вытеснительная система. При такой системе окислитель и горючее вытесняются из баков с помощью какого-либо аккумулятора давления, например баллонов со сжатым газом. Однако такая система имеет существенные недостатки. Баки с окислителем и горючим находятся под давлением, и их приходится делать толстостенными, тяжелыми. Для двигателей, в камере которых газы находятся под высоким давлением и, следовательно, топливо тоже подается под высоким давлением, такие системы малоприменимы.

В большинстве современных ЖРД для подачи топлива используются специальные турбонасосные агрегаты. Чтобы привести в действие такой мощный насос, в особом газогенераторе сжигают топливо — обычно то же горючее и тот же окислитель, что и в камере сгорания двигателя, и продукты сгорания подают на турбину. Иногда турбина насоса приводится во вращение паром, который образуется при охлаждении камеры сгорания двигателя. Есть и другие системы привода насоса.

Создание современных жидкостных ракетных двигателей требует высокого уровня развития науки и техники, совершенства конструкторской мысли, передовой технологии. Дело в том, что в ЖРД достигаются очень высокие температуры, развивается огромное давление, продукты

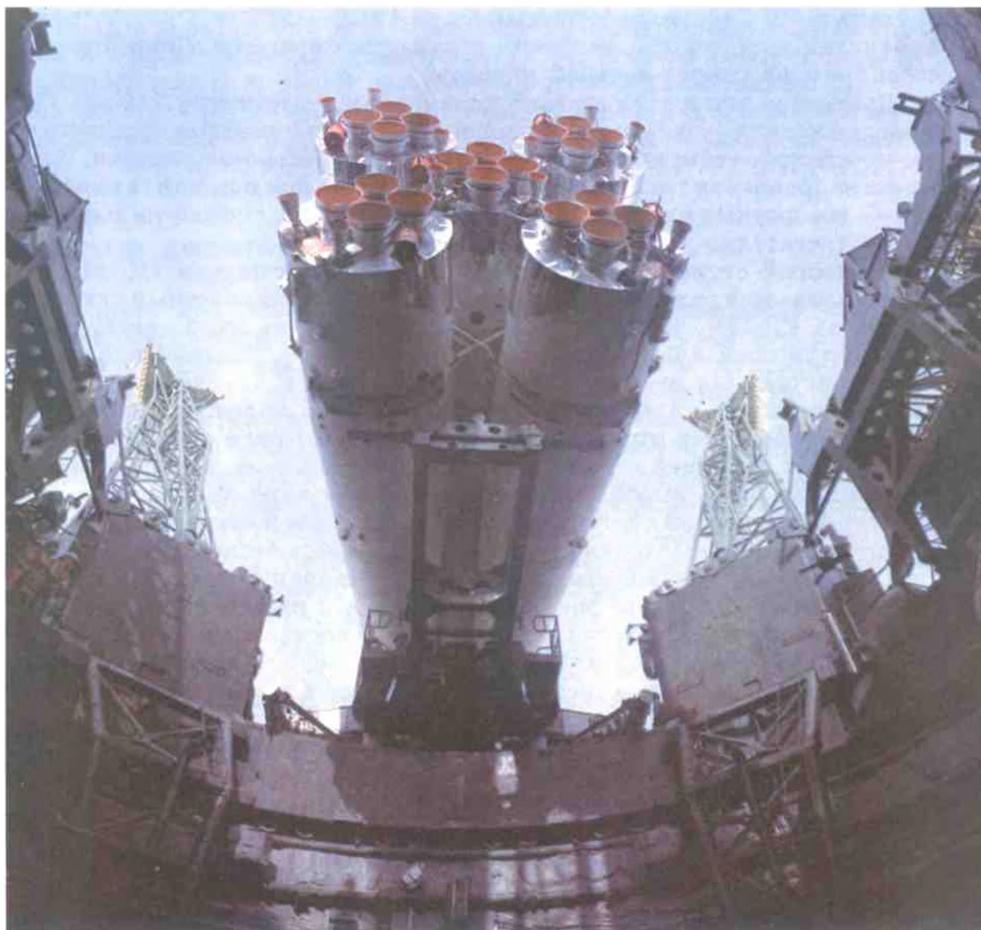


Жидкостный ракетный двигатель РД-170 первой ступени ракеты-носителя «Энергия»

→
Ракета-носитель «Союз» устанавливается на стартовой площадке

сгорания, а порой и само топливо, весьма агрессивны, расход топлива необычайно высок (до нескольких тонн в секунду!). При всем этом ЖРД должен иметь, особенно при запусках космических аппаратов с космонавтами на борту, очень высокую степень надежности.

Именно высокая надежность и многие другие достоинства отличают жидкостные ракетные двигатели советской космической ракеты «Восток» — РД-107 (двигатель первой ступени) и РД-108 (двигатель второй ступени). Они разработаны еще в 1954—1957 гг. в ГДЛ — ОКБ. Это первые в мире серийные двигатели, работающие на топливе с высокой удельной теплотой сгорания — жидком кислороде и керосине. Они обладают высокой удельной тягой, что позволило получить большие мощности при относительно умеренном расходе топлива. В пустоте тяга одного двигателя РД-107 составляет 1020 кН (на первой ступени ракеты-носителя «Восток» установлено четыре таких двигателя). Давление в камере сгорания $60 \cdot 10^5$ Па.



Двигатель РД-107 имеет турбонасосный агрегат с двумя основными центробежными насосами: один подает горючее, другой — окислитель. И горючее, и окислитель через большое число форсунок подаются в 4 основные и 2 рулевые камеры сгорания. До попадания в камеры сгорания горючее обтекает их снаружи, т. е. используется для охлаждения. Надежное охлаждение позволяет поддерживать внутри камер сгорания высокую температуру. Качающиеся рулевые камеры сгорания, сходные по конструкции с основными, впервые применены в этом двигателе для управления направлением тяги.

Двигатель второй ступени ракеты «Восток» РД-108 имеет схожую конструкцию. Правда, у него 4 рулевые камеры и некоторые другие отличия. Его тяга в пустоте составляет 960 кН. Он запускается на Земле одновременно с двигателями первой ступени.

На первой ступени ракеты-носителя «Космос», широко используемой для запуска многочисленных спутников серии «Космос», установлен

двигатель РД-214, разработанный еще в 1952—1957 гг. Он работает на продуктах переработки керосина в качестве горючего и окислителя, созданном на основе азотной кислоты.

Двигатель четырехкамерный, развивает в пустоте тягу 740 кН. Система зажигания — химическая, при помощи впрыскивания пускового горючего, которое самовоспламеняется при контакте с окислителем. Изменение направления тяги двигателя производится при помощи газовых рулей — поворотных пластин, установленных в газовом потоке на выходе из сопла двигателя.

На второй ступени двухступенчатой ракеты-носителя «Космос» устанавливается разработанный в 1958—1962 гг. жидкостный ракетный двигатель РД-119, имеющий тягу 110 кН. Горючее этого двигателя — несимметричный диметилгидразин, окислитель — жидкий кислород. В его конструкции широко использованы титан и другие современные конструкционные материалы. Наряду с высокой надежностью отличительная особенность этого двигателя — очень высокая экономичность.

В 1965 г. в нашей стране были созданы мощные малогабаритные двигатели с очень высокими энергетическими характеристиками для ракетно-космической системы «Протон». На первой ступени «Протона» установлены мощные однокамерные ЖРД, работающие на высококипящем самовоспламеняющемся топливе. Суммарная полезная мощность двигательных установок ракеты «Протон» в 3 раза больше мощности двигательных установок ракеты «Восток» и составляет 44 100 000 кВт (60 млн. л. с.). В этих двигателях обеспечена высокая полнота сгорания, значительное давление в системе, равномерное и равновесное истечение продуктов сгорания из сопел.

В настоящее время ЖРД достигли высокой степени совершенства и их развитие продолжается. Созданы ЖРД самых различных классов — от микроракетных двигателей для систем ориентации и стабилизации летательных аппаратов с совсем небольшой тягой (в несколько десятков ньютонов и меньше) до огромных мощных ракетных двигателей, имеющих тягу тысячи килоньютонов.

Двигатели РД-170 первой ступени огромной ракеты-носителя «Энергия» развивают тягу более 8000 кН каждый, они работают на кислородно-керосиновом топливе, имеют четыре камеры сгорания каждый, удельный импульс в пустоте — 336 с.

Внутренние размеры такого двигателя: высота его 4 м, диаметр — почти столько же.

На второй ступени «Энергии» работают четыре однокамерных двигателя тягой по 2000 кН каждый. Топливо — смесь кислорода с водородом.

Суммарная мощность всех двигателей «Энергии» воистину колоссальна — 124 950 000 кВт (170 млн. л. с.).

Созданы двигатели на долгохранимом топливе, которые смогут работать при длительных космических полетах.

Существуют проекты комбинированных ракетных двигателей — турборакетных и ракетнопрямоточных, которые должны быть органическим сочетанием жидкостных ракетных двигателей с воздушно-реактивными. Создание таких двигателей позволяет использовать на начальном

и завершающем этапах космического полета кислород воздуха в качестве окислителя и тем самым снизить запас топлива на борту ракеты.

Проводятся испытания двигателей на гибридном топливе, где используется твердое горючее, заполняющее камеру сгорания, и жидкий окислитель, подающийся из бака по мере работы двигателя. Такие двигатели имеют свойства, промежуточные между ЖРД и РДТТ.

Ракетные двигатели твердого топлива

Ракетные двигатели твердого топлива — старейшие среди семейства реактивных двигателей — предельно просты по устройству. У них, по существу, две основные части — камера сгорания и реактивное сопло. Топливным баком здесь служит сама камера сгорания. Но в этом не только достоинство, но и весьма существенный недостаток. РДТТ трудно выключить, пока не выгорит все топливо. Его работу чрезвычайно сложно регулировать. Скорость горения топлива не должна сколько-нибудь значительно меняться с изменением давления и температуры. Регулирование силы тяги РДТТ можно осуществлять лишь в определенных, заранее заданных пределах, подбирая твердотопливные заряды соответствующей геометрии и структуры. В РДТТ трудно регулировать не только силу тяги, но и ее направление.

Однако ракетные двигатели твердого топлива имеют и ряд достоинств: постоянная готовность к действию, надежность и простота эксплуатации.

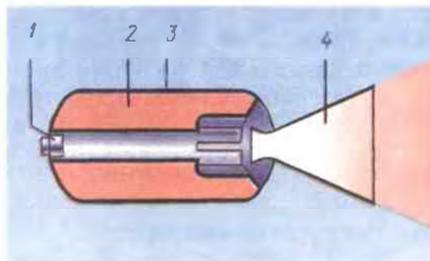
РДТТ нашли широкое применение в военном деле. Ракетные снаряды с РДТТ применяются в качестве зенитных и противотанковых, для оснащения кораблей ВМФ и самолетов, на автомобильных и танковых установках, для ближнего и дальнего боя.

Существуют также мощные баллистические твердотопливные ракеты, которыми вооружаются атомные подводные лодки и межконтинентальные баллистические ракеты на твердом топливе.

Важнейшим элементом РДТТ является заряд твердого топлива. Характеристики двигателя зависят и от свойств топлива, и от структуры и устройства заряда. Различают два основных типа твердых ракетных топлив: двухосновные, или коллоидные, и смесевые. Коллоидное топливо представляет собой твердый однородный раствор органических веществ, молекулы которых содержат окислительные и горючие элементы. Наиболее широко используется твердый раствор нитроцеллюлозы и нитроглицерина. Увеличение содержания нитроглицерина в таком растворе повышает удельный импульс двигателя, однако увеличивается и взрывоопасность топлива, ухудшаются его стабильность и механические свойства заряда. Заряды из коллоидного топлива применяются чаще всего в небольших двигателях.

Смесевые топлива представляют собой механические смеси греющего и окислителя. В качестве окислителя в этих топливах обычно применяют неорганические кристаллические вещества — перхлорат аммония, перхлорат калия и др. Обычно такое топливо состоит из трех компонентов: кроме окислителя, в него входят полимерное горючее, служащее связующим элементом, и второе горючее в виде порошкообразных металлических

Схема ракетного двигателя
твердого топлива (1 —
воспламенитель; 2 —
твердое топливо; 3 —
корпус; 4 — сопло)



добавок, которые существенно улучшают энергетические характеристики топлива. Горючим-связующим могут служить полиэфирные и эпоксидные смолы, полиуретановый и полибутадиеновый каучук и др.

Вторым горючим чаще всего служит порошкообразный алюминий, иногда бериллий или магний. Смесевые топлива обычно имеют больший удельный импульс, чем коллоидные, большую плотность, большую стабильность, лучше хранятся, более технологичны. Для приготовления смесевых топлив в жидкое горючее-связующее добавляют размельченные кристаллы окислителя, металлический порошок и другие добавки. Полученный состав тщательно перемешивают и заливают в специальные формы или непосредственно в корпус двигателя, откуда предварительно откачивают воздух. Под действием специально введенных в смесь катализаторов связующее вещество полимеризуется и топливо превращается в резиноподобную массу.

Заряды твердого топлива бывают скрепленные с корпусом камеры двигателя (их изготавливают заливкой топлива непосредственно в корпус) и вкладные, которые изготавливают отдельно и вставляют в корпус в виде одной или нескольких шашек. Скрепленные заряды позволяют более полно использовать объем корпуса двигателя, увеличивают жесткость и прочность корпуса, упрощают технологию изготовления крупногабаритных зарядов.

Очень важна геометрическая форма заряда. Изменяя ее и используя бронирующие покрытия поверхностей заряда, которые не должны гореть, добиваются нужного изменения площади горения и соответственно давления газов в камере и силы тяги двигателя.

Есть заряды, обеспечивающие нейтральное горение, у них площадь горения остается неизменной. Так получается, если, например, шашка твердого топлива горит с торца или же одновременно с наружной и внутренней поверхности (для этого внутри заряда делается полость). При регрессивном горении поверхность горения уменьшается. Так получается, если цилиндрическая шашка горит с наружной поверхности. И наконец, для прогрессивного горения, которое обеспечивает увеличение давления в камере сгорания, нужно нарастание площади горения. Наиболее простым примером такого заряда служит шашка, горящая по внутренней цилиндрической поверхности.

Наиболее существенными преимуществами обладают скрепленные заряды с внутренним горением. В них горячие продукты сгорания не соприкасаются со стенками корпуса, что позволяет обходиться без специального наружного охлаждения.

В РДТТ применяется пиротехническое, пирогенное и химическое зажигание топливного заряда. При пиротехническом зажигании электрозапал поджигает пиротехнический воспламенитель, от которого производится зажигание основного заряда. Пирогенное зажигание производится от газогенератора твердого топлива, который, по существу, представляет собой небольшой твердотопливный ракетный двигатель. Для химического зажигания в камеру вводится химически активная жидкость или газ — пусковой окислитель, что приводит к самовоспламенению. Кстати, ввод в камеру двигателя жидкого окислителя может применяться и для существенного изменения тяги двигателя. Такая жидкость может служить одновременно и для охлаждения двигателя, что позволяет использовать твердое топливо с большей температурой горения. Однако такой двигатель уже не является в строгом смысле этого определения ракетным двигателем твердого топлива, а занимает промежуточное положение между РДТТ и ЖРД.

В космонавтике в настоящее время ракетные двигатели твердого топлива применяются ограниченно. Мощные РДТТ использовались на некоторых американских ракетах-носителях, например на ракете «Титан», используются они при запусках многоразовых космических кораблей «Шаттл».

Большие современные РДТТ развивают силу тяги в тысячи килоньютонов, разрабатываются еще более мощные двигатели тягой в десятки тысяч килоньютонов, совершенствуются твердые топлива, конструируются системы управления тягой. И все же в космонавтике, безусловно, доминируют ЖРД. Главная причина этого — более низкая эффективность твердого ракетного топлива. Лучшие РДТТ имеют скорость истечения газов из сопла 2500 м/с. У ЖРД удельная тяга выше и скорость истечения составляет у лучших современных двигателей 3500 м/с, а используя топливо с очень высокой удельной теплотой сгорания, можно получить скорость истечения 4,5 км/с.

Ядерные ракетные двигатели

Учеными и конструкторами созданы термохимические двигатели высокой степени совершенства и, нет сомнения, будут созданы еще более совершенные образцы.

Однако возможности термохимических ракет ограничены самой природой горючего, окислителя и продуктов реакции. При ограниченной энергопроизводительности ракетных топлив, не позволяющей получить очень большую скорость истечения рабочего тела из сопла, необходим огромный запас топлива, чтобы разогнать ракету до нужной скорости. Как мы уже говорили, химические ракеты необычайно прожорливы. При полетах в космос это вопрос не только экономии, но порой и самой возможности осуществления полета.

Даже для решения сравнительно более простой задачи из области космических полетов — запуска искусственных спутников Земли — стартовая масса химической ракеты из-за огромного количества топлива должна в десятки раз превышать массу груза, выведенного на орбиту. Для

достижения второй космической скорости это соотношение еще (и немного) больше.

Поэтому так трудно вывести в космос каждый килограмм полезной нагрузки. Для межпланетных полетов нужно еще топливо, чтобы корректировать орбиту полета, тормозить космический корабль перед посадкой на планету-цель, взлететь для возвращения на Землю и т. д.

А ведь человечество начинает всерьез обживать космос. Люди собираются строить научные станции на Луне, они стремятся на Марс, подумывают о полетах к далеким окраинам Солнечной системы. Ракетам завтрашнего дня предстоит перевозить в космосе сотни тонн научного снаряжения и грузов.

Стартовая масса термохимических ракет для таких перелетов становится огромной.

И вот ученые и инженеры задумываются над тем, какими же должны быть ракетные двигатели будущего.

Взоры ученых, естественно, обратились к ядерной энергии. Широко известно, что в небольшом количестве ядерного горючего содержится очень большой запас энергии. При реакции деления ядер на единицу массы выделяется в миллионы раз больше энергии, чем при сжигании лучших химических топлив. Так, например, 1 кг урана при реакции деления может выделить столько же энергии, сколько 1700 т бензина при сжигании. При реакции ядерного синтеза энергия на 1 кг используемого вещества еще в несколько раз больше, чем при реакции ядерного деления.

Использование ядерной энергии позволяет резко снизить запас топлива на борту ракеты, но потребность в рабочем веществе остается. На первый взгляд, положение становится даже хуже. В химической ракете топливо служит рабочим веществом, в ядерной нужно и топливо (хотя и намного меньше, чем в химической), и рабочее вещество. Но стоит приглядеться немного внимательнее, и выяснится, что разделение топлива и рабочего вещества в ядерной ракете таит в себе определенные преимущества.

Скорость истечения газов из сопла тем больше, чем выше их температура и чем меньше относительная молекулярная масса рабочего вещества (и следовательно, больше объем выделяющихся при сгорании газов).

Выбирая рабочее вещество для химической ракеты, ученые связаны, так сказать, по рукам и ногам. Ведь оно служит и топливом. И малая относительная молекулярная масса должна сочетаться с высокой удельной теплотой сгорания, такое сочетание нечасто. Вот тут-то и сказывается преимущество разделения топлива и рабочего вещества. Появляется возможность применить рабочее вещество с наименьшей относительной молекулярной массой — водород.

Правда, мы уже говорили о высокой удельной теплоте сгорания водорода. Так что и в химической ракете есть как будто возможность сочетать относительно высокую удельную теплоту сгорания топлива с малой относительной молекулярной массой. Но нужно помнить, что рабочее вещество — результат сгорания топлива, т. е. взаимодействия горючего с окислителем, и в химической ракете на жидком водороде и жидком кислороде представляет собой продукт окисления водорода с относительной молекулярной массой 18. А относительная молекулярная масса чистого водорода, который может служить рабочим телом ядерного

ракетного двигателя, 2. Уменьшение же относительной молекулярной массы рабочего вещества в 9 раз при неизменной температуре позволяет увеличить скорость истечения в 3 раза. Вот оно, осязаемое преимущество атомного ракетного двигателя!

Речь идет об атомных ракетных двигателях, использующих энергию деления ядер тяжелых элементов. Реакция ядерного синтеза искусственно пока осуществлена только в водородной бомбе, а управляемая термоядерная реакция синтеза все еще остается мечтой, несмотря на интенсивную работу ученых в этом направлении.

Итак, в атомном ракетном двигателе можно получить значительное увеличение скорости истечения газов благодаря применению рабочего вещества с минимальной относительной молекулярной массой.

Теоретически можно получить и очень большую температуру рабочего вещества, но на практике она ограничивается температурой плавления тепловыделяющих элементов реактора. В большинстве предложенных схем атомных ракетных двигателей рабочее тело нагревается, омывая тепловыделяющие элементы реактора, затем расширяется в сопле и выбрасывается из двигателя.

В таком атомном двигателе можно получить скорость истечения 8 000—10 000 м/с. Это в 2—3 раза больше, чем в ЖРД.

Правда, сам двигатель получается гораздо более сложным и тяжелым. Особенно если учесть необходимость экрана для защиты космонавтов от радиации на пилотируемых космических кораблях. И все же атомная ракета сулит немалый выигрыш.

В США по так называемой программе «Ровер» работы по созданию атомного ракетного двигателя начались еще в 1955 г. При испытании наземного прототипа ядерного ракетного двигателя «Нерва» он развивал силу тяги до 250 кН. Удельная тяга двигателя была на 50% выше, чем у лучших американских химических ракетных двигателей. Реактор этого двигателя имеет графитовые тепловыделяющие элементы, через которые проходит рабочее тело — жидкий водород. Делящееся вещество в тепловыделяющих элементах представляет собой частицы карбида урана, покрытые графитом.

Система регулирования реактора в двигателе «Нерва» состоит из барабанов, расположенных вокруг активной зоны в отражателе. Сегменты этих барабанов, изготовленные из поглощающего нейтроны материала, поворачиваясь, изменяют интенсивность нейтронного потока. А изменение интенсивности потока приводит к изменению температуры в реакторе и давления водорода за реактором.

Стремление еще больше увеличить удельную тягу двигателя привело к появлению проектов ядерных ракетных двигателей, в которых активная зона находится в пылеобразной, жидкой или даже газообразной фазе, что делает возможным значительное увеличение температуры рабочего вещества. Использование таких реакторов (их называют полосными), вероятно, позволит значительно увеличить скорость истечения рабочего тела.

Однако создание реакторов с пылеобразной, жидкой и газообразной активной зоной — дело чрезвычайно сложное. Ведь в таком реакторе трудно добиться, чтобы ядерное горючее не было перемешано с рабочим

веществом, и надо позаботиться о том, чтобы как-то отделить его перед выбросом рабочего тела из сопла двигателя. В противном случае понадобится восполнять непрерывные потери ядерного топлива, и за ракетой протянется смертельный шлейф высокой радиации. Да и критическая масса ядерного горючего, необходимая для поддержания реакции, при газообразном состоянии будет занимать большой объем, неприемлемый для ракеты, или же должна находиться под очень высоким давлением, что создает дополнительные трудности и приводит к большой массе реактора. Тем не менее возможности создания полосных реакторов изучаются.

Электрические ракетные двигатели

Принципиально новыми системами являются электрические ракетные двигатели (ЭРД). Тяга в этих двигателях образуется благодаря использованию электрической энергии. Некоторые типы электрических двигателей, например ионные, позволяют получить скорость истечения реактивной струи в сопле в 100 раз большую, чем в химических ракетах. Запас топлива и рабочего тела, необходимый для достижения цели, уменьшается во много раз по сравнению с химическими ракетами.

Но увы, ракета даже с самым совершенным электрическим ракетным двигателем, который можно было бы создать в ближайшие годы, никуда не улетит с Земли. Она даже не шевельнется на стартовом устройстве, когда будут включены двигатели. Очень уж незначительна их сила тяги. В настоящее время созданы электрические ракетные двигатели с силой тяги в несколько десятков граммов, появились образцы, обладающие тягой сотни ньютонов. Тут уместно вспомнить, что сила тяги химических ракет достигает ныне тысяч и десятков тысяч килоньютонов!

В чем же причина малой тяги электрических ракетных двигателей?

Мощность ракетного двигателя непосредственно связана с силой тяги и скоростью истечения. Она пропорциональна произведению силы тяги на скорость истечения, т. е. двигатель одной и той же мощности может дать большую тягу и малую скорость истечения или, наоборот, высокую скорость истечения и небольшую тягу. Электрические ракетные двигатели работают на электрической энергии. Чтобы получить эту энергию, нужны источники электропитания, электростанции на борту ракеты. Разумеется, мощность электроракетного двигателя ограничивается мощностью этой электростанции.

А теперь представьте себе, что при высокой скорости истечения рабочего вещества, характерной для электрических ракетных двигателей (это ведь главное достоинство, позволяющее экономить количество топлива и заметно облегчить ракету), они будут обладать еще и большой силой тяги (в принципе создать такие двигатели можно). Ясно, что для их работы потребуются электростанции мощностью во многие десятки и даже сотни миллионов киловатт. Этак двадцать или тридцать электростанций по 3—4 млн. кВт! И все это на борту ракеты! Ясно, что тут уже не только не приходится говорить о какой-либо экономии в массе, но подобная задача вообще неосуществима.

Двигатели ракет, работающие на электроэнергии, неизбежно должны иметь малую силу тяги. Круг как будто замкнулся.

Но всегда ли нужна огромная тяга, характерная для химических ракет, стартующих ныне с космодромов?

Она необходима, чтобы преодолеть силы земного тяготения и сопротивления атмосферы, чтобы придать ускорение ракете в сильных гравитационных полях вблизи поверхности планет. Ну, а в космосе, в пространстве, где силы тяготения ощущаются слабее и нет трения (т. е. где практически нет среды, сопротивление которой приходилось бы преодолевать), нужный импульс можно придать космическому кораблю даже с помощью очень малой тяги при условии, конечно, что она будет действовать достаточно длительное время.

Электрический ракетный двигатель будет очень долго разгонять межпланетный корабль, но может разогнать его до очень большой скорости.

Однако допустимо ли при огромных расстояниях, которые предстоит преодолеть космонавтам во время межпланетных полетов, затрачивать много времени на разгон ракеты? Оказывается, именно при дальних полетах — на Марс, Венеру и особенно к периферии Солнечной системы — несомненным преимуществом электрических ракетных двигателей.

Дело в том, что двигатель термохимической ракеты работает лишь очень короткое время, быстро разгоняя ракету до необходимой скорости и пожирая массу топлива. А дальше космический аппарат движется по инерции, и ему необходимо достаточно много времени, чтобы достичь, скажем, наших ближайших соседей — Венеры и Марса (это наглядно показали полеты советских и американских космических аппаратов к этим планетам), не говоря уже о более дальних планетах Солнечной системы. При полете даже на Венеру электроракетные двигатели, несмотря на малую тягу, могут обеспечить время полета, не очень отличающееся от того, что дают химические ракеты, требующие несравненно больше рабочего тела для перевозки того же полезного груза. Но для старта с Земли нужна, конечно, химическая ступень ракеты с большой тягой.

Наряду с малой тягой один из главных недостатков электрических ракетных двигателей — большой удельный вес установки. Эти оба недостатка — своеобразная расплата за высокую скорость истечения, за разделение рабочего вещества и источника энергии, требующее специальных устройств для передачи энергии рабочему телу.

У некоторых действующих моделей электротермических (электродуговых) двигателей приходится 4—5 кг собственной массы на 10 Н силы тяги — примерно в 100 раз больше, чем у ЖРД! Однако все это покрывается огромной экономией на массе топлива — рабочего тела, получаемой благодаря очень высокой удельной тяге.

Особенно эффективны электрические ракеты при полетах к дальним планетам Солнечной системы. Здесь они дают уже значительный выигрыш и во времени благодаря возможности длительной работы двигателя и разгону ракеты до очень высоких скоростей.

Сочетание достаточно мощных электроракетных двигателей, которые могут быть созданы уже в ближайшие годы для дальних полетов

в Солнечной системе, с уже существующими тяжелыми химическими ракетами-носителями, используемыми для вывода электрической ракеты на околоземную орбиту, позволило бы выявить огромные возможности электрических ракет.

Однако не только дальние космические рейсы, не только полеты при определенных условиях к Венере и Марсу могут быть сферой приложения электроракетных двигателей.

Так, электрическая ракетная двигательная установка с небольшой тягой как нельзя лучше подходит для компенсации действия сил аэродинамического сопротивления, которое испытывают относительно низколетящие спутники. Сила аэродинамического торможения спутника в разреженных верхних слоях атмосферы хотя и невелика, однако она постепенно заставляет спутник спуститься в более плотные слои атмосферы, где он обычно сгорает.

Непрерывно работающий электрический ракетный двигатель с силой тяги в десятые или сотые доли ньютона (в зависимости от размеров спутника и высоты его орбиты) уравнивает силу аэродинамического сопротивления и позволяет продлить срок работы спутника и поддержать заданную высоту полета. А это весьма важно для автоматических спутников разных назначений — связи, телевизионных ретрансляторов, метеорологических спутников.

Можно использовать электроракетные двигатели и для перевода спутника или космического корабля с одной орбиты на другую, скажем, более высокую. Это позволяет сэкономить на стартовой мощности химических ракет — спутник выводится на менее удаленную от Земли орбиту (значит, нужна ракета меньшей тяги, меньше топлива), а затем постепенно в течение достаточно длительного времени разгоняется двигателями малой тяги и переходит на более высокую орбиту. Одна из наиболее насущных задач — использование электроракетных систем для управления с высокой точностью положением спутников на орбите, в частности синхронных коммуникационных спутников, применение этих двигателей в системах ориентации. Именно в качестве рулевых двигателей в системе ориентации впервые в истории ракетной техники были испытаны в полете плазменные электрические ракетные двигатели на советской автоматической космической станции «Зонд-2». Эта станция, запущенная еще 30 ноября 1964 г. в направлении Марса, имела в качестве исполнительных органов системы ориентации 6 электроракетных плазменных двигателей.

Конечно, эти задачи могут быть решены и с помощью других двигателей малой тяги, скажем, работающих на химическом топливе или на сжатом газе. Но электроракетные двигатели дают существенную экономию. Так, учеными подсчитано, что электрические ракетные двигатели, работающие на электроэнергии от солнечных батарей, выгоднее применять в системах стабилизации, ориентации и коррекции орбит спутников, функционирующих на геостационарной и других высоких околоземных орбитах.

ЭРД выгодны также для перевода на высокие орбиты больших грузов, но, конечно, времени на это требуется больше, чем при использовании ЖРД.

Первые предложения об электрических ракетных двигателях относятся еще к началу нашего века. В 1911—1912 гг. в статье «Исследование мировых пространств реактивными приборами» К. Э. Циолковский писал: «Может быть, с помощью электричества можно будет со временем придавать громадную скорость выбрасываемым из реактивного прибора частицам».

В 1923 г. немецкий ученый Герман Оберт в своей книге «Путь в мировое пространство» довольно подробно рассматривал возможность создания электростатических ракетных двигателей, предвидел их малую тягу и указывал, что, несмотря на это, они способны обеспечить в космосе большую скорость ракеты.

Проблемы электрических ракетных двигателей привлекли внимание также американского ученого в области ракетной техники Роберта Годдарда.

В 1928—1929 гг. В. П. Глушко был разработан проект космического корабля «Гелиоракетоплан». Он должен был представлять собой полую сферу с кольцевым поясом электрических ракетных двигателей. Для снабжения их электроэнергией корабль должна была окружать плоская батарея солнечных фотоэлементов.

Первый в мире экспериментальный электрический ракетный двигатель был теоретически разработан, построен и испытан В. П. Глушко в 1929—1933 гг. Двигатель состоял из камеры с соплом, в которую специальным роликостеренчатым механизмом подавались металлические проволочки. Они взрывались в камере импульсными разрядами электрического тока и превращались в пары металла, которые, истекая из сопла, создавали тягу. Вместо проволок в камеру через форсунки-электроды могли подаваться струйки токопроводящих жидкостей (ртути, электролитов), которые также взрывались электрическим током. При испытаниях двигатель работал непрерывно (в импульсном режиме) несколько минут.

В настоящее время различают три основных типа электрических ракетных двигателей. Наиболее близки к обычным, химическим ракетам электротермические ракетные двигатели. Газообразное рабочее тело в них, как и в химических и атомных ракетах, ускоряется также благодаря нагреву, но нагрев осуществляется не вследствие химической реакции, не в результате выделения теплоты атомным реактором, а с помощью электричества, скажем, в пламени электрической дуги.

Уже сейчас известны электротермические ракетные двигатели нескольких типов. Наиболее разработаны, пожалуй, два из них — электродуговой двигатель и двигатель с омическим подогревом.

В камере электродугового двигателя, через которую проходит рабочий газ, находится система электродов. Роль катода играет центральный электрод, а анодом служат стенки сопла. Между катодом и анодом горит электрическая дуга. Газ — рабочее тело нагревается, расширяется и, вытекая из сопла, получает ускорение. Температура дуги весьма велика — она может достигать десятков тысяч градусов. Но температура газа в камере ниже — велики потери тепла, кроме того, температура ограничивается также стойкостью стенок камеры. И все же она гораздо выше, чем в химических или ядерных ракетах, до 5000°С.

В электротермических двигателях с омическим подогревом тепловая энергия вырабатывается не в рабочем теле, как в электродуговых двигателях. Рабочее вещество в таком двигателе нагревается при контакте с резистором из тугоплавкого металла, по которому пропускают электрический ток, т. е. в принципе так же, как воздух в электрическом домашнем камине.

Электротермические двигатели, в которых используется тепловое ускорение рабочего вещества, имеют ограниченную скорость истечения этого вещества — она лишь в 3—5 раз больше, чем в химических ракетах. Однако и это позволяет заметно увеличить полезную нагрузку в космических перевозках.

В двух других типах электроракетных двигателей электрическая система ускорения рабочего тела принципиально отличная.

Замена теплового ускорения электрическим позволяет не только получить очень большую скорость истечения рабочего вещества, но, что также весьма важно, высокая скорость достигается при умеренных температурах. Это повышает надежность двигателя и уменьшает потери энергии.

В плазменном (магнитогидродинамическом) двигателе рабочее вещество превращается в ионизированный газ (плазму) и ускоряется в электромагнитном поле. В ионной ракете используется ускорение ионов в электростатическом поле.

Более полутора столетия назад Фарадей открыл, что в проводнике, движущемся в магнитном поле, появляется электрический ток. Этот принцип обычно используется для получения электрической энергии в обычных электрогенераторах. Процесс этот обратим — если через проводник, находящийся в магнитном поле, пропускать ток, проводник получит поступательное движение, будет ускоряться. Проводник обязательно должен быть медным стержнем, как в первых опытах Фарадея. Это может быть и жидкость, и газ.

Описанный принцип как раз и использован в магнитогидродинамическом ракетном двигателе. Здесь сильно нагретый в пламени электрической дуги (есть и другие способы) газ превращается в плазму — электрически нейтральный ионизированный поток газа с высокой концентрацией заряженных частиц, содержащий практически одинаковое число положительных и отрицательных зарядов.

Плазму помещают в магнитное поле и пропускают через нее электрический ток, благо плазма — чудесный проводник. Благодаря взаимодействию электрического и магнитного полей плазма выталкивается, получает ускорение. Плазму ускоряет так называемая электромагнитная массовая сила. Она равна векторному произведению плотности электрического тока, текущего через плазму, на напряженность пересекающего магнитного поля. Такова в нескольких словах общая схема работы плазменных двигателей.

Большинство созданных плазменных двигателей развивает силу тяги от десятых долей ньютона до нескольких сотен ньютонов, в отдельных ускорителях удается получить силу тяги порядка тысяч ньютонов. Что касается такой важной характеристики, как скорость истечения рабочего вещества, то она достигает в уже созданных моделях магнитогидродина-

мических ускорителей 30—150 км/с, что примерно в 10—50 раз больше, чем в термохимической ракете. Очевидно, что плазменные двигатели позволяют получать еще большие скорости истечения; как говорят инженеры, на два порядка больше, чем в химических ракетах, и в 10—20 раз больше, чем в ядерных ракетах. А выгода высоких скоростей истечения рабочего вещества нам уже известна.

29 декабря 1971 г. в системе коррекции на советском метеорологическом спутнике «Метеор» был впервые испытан стационарный плазменный двигатель с дрейфом электронов. Испытание прошло весьма успешно, и теперь электрические двигательные установки такого типа на многих советских спутниках типа «Метеор-Природа», «Горизонт», «Экран» и других используются для коррекции орбит спутников, ориентации космических аппаратов, перемещения геостационарных спутников после их выведения на орбиту в «точки стояния».

Еще большие, чем в плазменных двигателях, скорости вытекающей реактивной струи позволяют получить ионные электроракетные двигатели. В них можно получить скорость истечения рабочего вещества, в 100—200 и даже более раз превышающую аналогичную скорость в термохимических ракетах.

В ионном двигателе рабочее вещество ускоряется не в магнитном поле, как в плазменных ускорителях, а в электростатическом поле, поэтому их называют часто электростатическими двигателями. Само собой разумеется, что такое ускорение становится возможным лишь в том случае, если частицы рабочего вещества обладают электрическим зарядом. Рабочим веществом для ионных двигателей обычно служит ионизованный газ, состоящий из положительно заряженных ионов и электронов (последние, как известно, несут отрицательный заряд).

Ускорение происходит в соответствии с законом Кулона, по которому одноименные электрические заряды взаимно отталкиваются, а разноименные притягиваются. Когда ионизованное рабочее вещество в ускоряющей камере электростатического двигателя попадает в электрическое поле, то положительно заряженные ионы устремляются к катоду. Пройдя через ряд электродов, имеющих значительную разность потенциалов, частицы ускоряются до очень больших скоростей и выбрасываются из сопла ракеты, создавая тягу. Электроны электрически отсасываются из ионизованного газа.

У читателя может возникнуть вопрос: почему, собственно, нужно обязательно ускорять ионы — тяжелые заряженные частицы (такими частицами могут быть не только атомарные и молекулярные ионы, но и заряженные коллоидальные частицы и даже пылинки и капли), а не электроны? Именно потому, что эти частицы тяжелые (весьма относительно, конечно). Дело в том, что реактивная сила равна произведению секундной массы вытекающих из сопла ракеты частиц на их скорость.

Ионы цезия, например, который используется в качестве рабочего вещества во многих созданных моделях электростатических двигателей, в 250 тыс. раз тяжелее электронов. Легко сообразить, до каких фантастических скоростей надо разогнать реактивную струю, если она будет состоять не из ионов, а из электронов, чтобы получить эквивалентную реактивную силу.

Любой ионный ракетный двигатель должен прежде всего иметь устройство для ионизации рабочего вещества, затем устройство, где это ионизованное рабочее вещество будет с помощью электрического поля разгоняться до больших скоростей. Разумеется, нужны также баки для хранения рабочего вещества и система его подачи в ионизатор. Этим, однако, не исчерпывается простейшая схема электростатического ракетного двигателя.

Нам уже ясно, что разгонять выгодно струю положительно заряженных ионов. Электроны специально отсасываются, отбираются от рабочего вещества. Однако если из ракеты будет истекать поток только положительных зарядов, то она сама скоро получит мощный отрицательный электрический заряд и возникнет электрическое поле, которое будет препятствовать истечению положительных частиц. Двигатель перестанет работать. Чтобы ионная ракета работала, необходимо обеспечить истечение строго равного количества положительно и отрицательно заряженных частиц.

Поэтому в любом ионном двигателе необходим еще один элемент — нейтрализатор, т. е. устройство, с помощью которого в отработавшую реактивную струю подаются электроны, ранее отобранные из нее.

Схема движения рабочего вещества в ионном двигателе следующая: поток нейтральных частиц делится на два рукава — поток положительно заряженных ионов и поток электронов; затем ионный поток разгоняется в ускоряющей камере благодаря электростатическим силам, действующим между электродами этой камеры и зарядом частиц, создает тягу; после этого ионный и электронный потоки вновь смешиваются, образуя нейтральную плазму.

Итак, ионный двигатель должен состоять из бака, системы подачи рабочего вещества, ионизатора, устройства для отбора электронов, ускоряющей камеры и нейтрализатора.

Конечно, как и любой электрический ракетный двигатель, ионный двигатель должен иметь еще и источник электрической энергии.

В большинстве созданных моделей электростатических ракетных двигателей ускоряются атомарные или молекулярные ионы рабочего вещества. Однако существует также принципиальная возможность электрического ускорения гораздо более тяжелых заряженных частиц — коллоидальных и даже мелких пылинок и капель.

Тяга ионного двигателя зависит от общей массы вытекающих в реактивной струе ионов и электрической мощности этой струи. Если струя состоит из легких частиц, то их должно быть много, т. е. сила тока велика (ведь это не просто частицы, каждая несет электрический заряд), а ускоряющее напряжение невелико. Если частицы тяжелые, то их для той же тяги может быть меньше, значит, меньше и сила тока, но зато (при той же электрической мощности) больше должно быть ускоряющее напряжение.

Благодаря большой массе применение тяжелых частиц может дать определенное преимущество в количестве выходящей заряженной массы, приходящейся на единицу затрачиваемой для зарядки этих частиц энергии. Применение тяжелых частиц позволяет также получить выигрыш в массе и размерах камер ионизации и ускоряющих камер.

В электроракетных двигателях на коллоидных частицах в будущем могут быть использованы элементы конструкции, ставшие ненужными на ракете, скажем, отработавшие алюминиевые баки из-под топлива. Алюминий имеет низкую температуру плавления и легко испаряется. Коллоидные частицы из него могут быть получены конденсацией однородных капелек паробразного алюминия. Эта идея сейчас обсуждается некоторыми учеными.

Здесь уместно будет отметить, что первым идею использования металлических элементов конструкции ракеты в качестве топлива для ракетных двигателей выдвинул Ф. А. Цандер.

Разработка электростатических ракетных двигателей идет успешно. Многие их образцы тысячи и тысячи часов испытывались в лабораториях. Несколько ионных двигателей опробовалось в условиях космического полета.

Одно из главных достоинств ионных двигателей — возможность получить очень высокую скорость истечения реактивной струи. Важное положительное качество — способность работать с относительно холодной плазмой. Рабочие температуры ионных двигателей значительно меньше, чем в электротермических и плазменных ускорителях. Достигнутый КПД ионных двигателей значительно выше, чем в двух других типах электрических ракет. Есть у ионных ускорителей и существенные недостатки. В них используется для ускорения реактивной струи сила электрического давления, которое меньше магнитного. Поэтому ионный двигатель дает меньше тяги на единицу поперечного сечения, чем плазменный. Необходимость разделения плазмы на два потока (ионов и электронов) в ионном двигателе, потребность в нейтрализаторе и т. п. делают ионные ускорители весьма сложными в конструктивном отношении, они тяжелы сами по себе и требуют обычно более тяжелых источников энергии (потребность в более высоком напряжении).

Мы убедились, что электрические ракетные двигатели незаменимы для решения многих задач в освоении космоса. Но для их работы необходима электрическая энергия.

Многочисленные космические аппараты, запускаемые в космос и не снабженные электрическими ракетными двигателями, также нуждаются в электрической энергии — она нужна для связи с Землей, для работы многих приборов и агрегатов. Но электрические ракетные системы требуют гораздо больше электроэнергии. На борту ракеты нужна настоящая электростанция, и в ряде случаев достаточно большой мощности.

К бортовым источникам электроэнергии для электрических ракет предъявляются весьма жесткие требования. Они должны иметь высокий КПД, быть очень надежными и работать в течение длительного времени, вырабатывать возможно большую электрическую энергию на каждый килограмм собственной массы. Для преобразования различных видов энергии в электрическую и для накопления электроэнергии требуется весьма тяжелое оборудование. Источники электроэнергии поэтому являются самыми тяжелыми агрегатами электроракетных силовых установок.

Реальное значение для производства электричества на космических аппаратах могут иметь источники энергии трех видов: использующие химическую энергию, солнечную энергию и ядерную энергию.

К первому виду относятся батареи, аккумуляторы, топливные элементы и некоторые другие системы, ко второму — системы с солнечными элементами и термодинамические и термоэлектрические системы с нагревом с помощью зеркал и линз, к третьему — реакторные системы и радиоизотопные установки или, как их иногда называют, атомные батареи.

Обычные батареи и аккумуляторы электроэнергии широко используются на космических аппаратах для электропитания различных систем. В первых летных испытаниях в США электроракетные двигатели также получили электроэнергию от аккумуляторов; и все же они не имеют практического значения для электрических ракетных двигателей, предназначенных для сколько-нибудь длительной работы, — слишком мала накапливаемая ими электроэнергия.

В аккумуляторах, превращающих химическую энергию непосредственно в электрическую, «топливом» служит материал электродов. По мере выработки электрического тока расходуются электроды.

В так называемых топливных элементах принцип действия тот же, что и в аккумуляторах, — химическая реакция идет с выделением электрической энергии. Только расходуются не электроды, а вещества, непрерывно подаваемые в элемент из специальных баков.

Топливные элементы позволяют получить гораздо более значительный выход энергии на единицу массы. Их удельная емкость на 1 кг массы батареи в 10—15 раз больше, чем у обычных аккумуляторов. КПД созданных топливных элементов достигает 80% (КПД превращения химической энергии в электрическую) и может быть более высоким. Срок работы достигает многих сотен (и даже нескольких тысяч) часов.

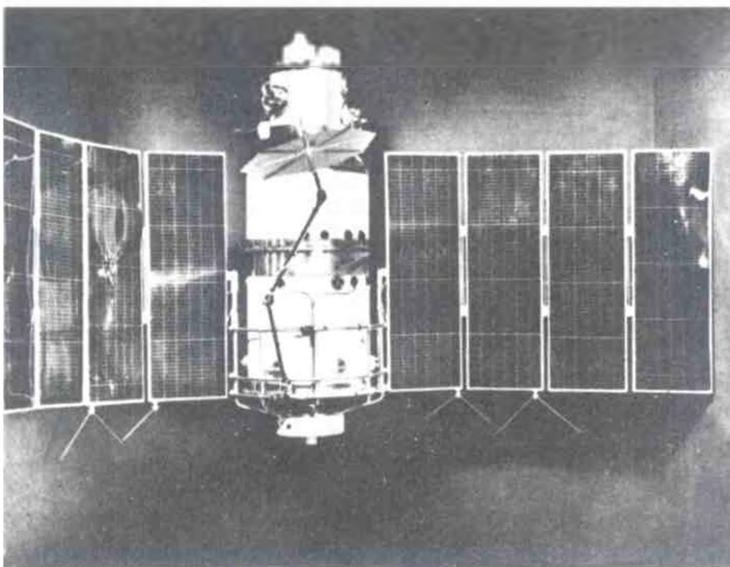
Довольно широко известен кислородно-водородный топливный элемент. Схема его работы несложна. Хранящиеся в баках в жидком виде кислород и водород испаряются и подаются в герметический элемент, где происходит реакция образования воды с выделением электричества.

Конструктивно элемент представляет собой герметическую коробку, разделенную пористой перегородкой — ионообменной мембраной. В одну половину коробки подается кислород, во вторую — водород. Поступают они через пористые металлические электроды. На одном электроде происходит ионизация выделяющегося водорода. Положительные ионы водорода через ионообменную мембрану проникают во вторую половину элемента, ко второму электроду.

А освободившись при ионизации водорода электроны по внешнему контуру подаются ко второму электроду — течет электрический ток. У второго электрода, который выделяет отрицательные ионы кислорода, из них и проникших через мембрану положительных ионов водорода образуется вода. От электродов отводится электрический ток. Известны и другие системы топливных элементов (на других видах топлива).

Топливные элементы могут быть использованы в некоторых электрических ракетных системах с ограниченными задачами. Однако ясно, что ни по мощности, ни по длительности действия они не могут удовлетворять создателей электрических ракет.

Весьма заманчива идея использовать в качестве источника энергии излучение Солнца. Система, основанная на использовании солнечной



Солнечные батареи
спутника «Космос-144»

энергии, позволяет потреблять энергию от источника, масса которого не является частью массы ракеты. Конечно, для преобразования солнечной энергии в электричество также требуются специальные установки и, как мы увидим, довольно громоздкие и тяжелые, но топлива, баков для его хранения и систем подачи уже не нужно.

Солнце излучает огромную энергию. Вблизи Земли солнечный поток имеет мощность $1,3 \text{ кВт/м}^2$, на орбите Марса его энергия ослабевает более чем вдвое — $0,6 \text{ кВт/м}^2$. У Юпитера, который находится от Солнца на расстоянии 788 млн. км, энергия нашей звезды совсем уже невелика — $4,8 \cdot 10^{-2} \text{ кВт/м}^2$. Зато при полете к внутренним планетам Солнечной системы поток энергии, поступающий на солнечные преобразователи, будет быстро нарастать. У Венеры он составит более $2,5 \text{ кВт/м}^2$, а у Меркурия — даже $8,6 \text{ кВт/м}^2$.

Использовать солнечную энергию для получения электричества можно, фокусируя лучи Солнца с помощью зеркал или линз на специальном котле с рабочим телом турбоэлектрического генератора, в термоионных преобразователях, в термоэлектрических генераторах, т. е. используя тепло. Можно применять и фотоэлементы. Именно последний способ уже нашел весьма широкое применение на большинстве космических аппаратов. Причем на некоторых спутниках они вырабатывают довольно значительную (относительно, конечно) электроэнергию.

Солнечные батареи основаны на свойстве кремния, германия и некоторых других полупроводниковых материалов генерировать электрический ток под влиянием света. Современные образцы фотоэлементов преобразуют в электричество до 12—14% падающей на них солнечной энергии.

Для получения сколько-нибудь значительной энергии в батареи объединяют большое число кремниевых солнечных элементов.

Процесс преобразования солнечной энергии происходит в весьма тонком слое элемента, однако если учесть необходимость несущей конструкции защитных покрытий, солнечная батарея получается довольно тяжелой.

Наибольший выход энергии солнечные элементы дают в том случае, когда лучи Солнца падают на них вертикально. Для успешной работы солнечных батарей особенно тщательно выбирают систему их расположения на спутнике, а также применяют системы ориентации на Солнце. В связи с тем что выработка электроэнергии солнечными батареями значительно колеблется в зависимости от расстояния до Солнца и ориентации, а также учитывая, что они в некоторых случаях периодически перестают работать, попадая в тень планеты (так бывает на космических аппаратах — спутниках Земли), солнечные батареи используют в комплексе с химическими аккумуляторами.

Для получения электрической энергии из солнечной другими способами используется энергия излучения солнечных лучей. Для того чтобы сделать возможным ее практическое применение, необходимо прежде всего увеличить плотность тепловой энергии, увеличить тепловую мощность, приходящуюся на 1 м^2 площади.

Достигают этого, концентрируя солнечную энергию с помощью зеркал или оптических линз. Полученное тепло затем превращается в электроэнергию с помощью термоэлектрических элементов, термоэлектронных и термоионных преобразователей или машинных электрогенераторов.

В термоэлектрических элементах используется возникновение электрического потенциала под действием разности температур.

Разработаны также так называемые термоэмиссионные (термоэлектронные и термоионные) преобразователи солнечной энергии в электрическую, основанные на явлении испускания электронов сильно нагретой металлической поверхностью. Катод термоэмиссионного преобразователя помещают в фокусе солнечного коллектора, высокая температура сфокусированных солнечных лучей раскаляет катод, и он выделяет электроны. Между катодом и анодом появляется разность потенциалов. Отсюда и название генератора — термоэмиссионный, эмиссия электронов происходит под воздействием тепла.

Коэффициент полезного действия термоэлектрических элементов и термоэмиссионных преобразователей пока очень невелик.

Энергия Солнца на космическом аппарате может быть преобразована в электрическую с помощью более распространенных в нашей земной практике термодинамических процессов, посредством машинных преобразователей. Такие установки принципиально не отличаются от «земных» тепловых электростанций. Рабочая жидкость в котле превращается в пар, который вращает турбину, приводящую в движение электрогенератор. Затем пар конденсируется в конденсаторе, и полученная жидкость вновь поступает в котел. Конечно, как любая космическая установка, такое устройство должно обладать высокой надежностью, иметь значительный ресурс работы, минимальные массу и габариты, максимально возможную удельную мощность.

Для различных преобразователей солнечной энергии в электрическую, использующих энергию Солнца, необходимы конденсаторы солнечной

энергии — зеркала, линзы и т. п. Создание таких систем — задача не из легких. Ведь они не только должны работать в сложных условиях космоса, но и разворачиваться после вывода космического аппарата на орбиту и ориентироваться на Солнце. Такая система должна иметь высокие оптические характеристики, которые зависят от коэффициента отражения поверхности собирающего зеркала и точности его геометрической формы.

Весьма важно также, чтобы установка имела небольшой объем в сложенном состоянии, надежный механизм разворачивания, необходимый запас прочности. Материал зеркала должен быть устойчивым к воздействию условий, существующих в космическом пространстве. И, конечно же, очень важна масса установки, как и любого агрегата, который нужно доставить в космос.

Большими преимуществами обладают ядерные источники электроэнергии. Они легко поддаются регулированию, могут работать в любом месте безбрежного космического океана. Различают два типа таких источников — изотопные и реакторные.

Изотопные источники весьма просты, имеют много преимуществ, но их мощность крайне мала. Использование их целесообразно там, где требуется мощность лишь в несколько сот ватт. В большинстве изотопных батарей, как и в реакторных устройствах, ядерная энергия преобразуется в тепловую, а затем уже в электрическую.

Радиоизотопы получают в результате облучения в атомных реакторах обычных материалов. Изотопы выделяют тепловую энергию. Термоэлектрические преобразователи превращают ее в электрическую. Устройство таких батарей несложно, ресурс может быть достаточно большим, он ограничен периодом полураспада изотопа.

Более значительную электрическую мощность на борту космического аппарата обеспечивает ядерный реактор. Возникающая в нем энергия деления атомных ядер преобразуется в тепловую, а затем — в электрическую.

Советские специалисты были пионерами в создании космических атомных реакторов. Ядерные энергетические установки были использованы на ряде спутников серии «Космос». Космический ядерный реактор «Топаз-2» не имеет себе равных. В США выразили желание приобрести его для американских космических программ.

И еще о ракетных двигателях

Стремление к все более высоким скоростям не может ограничиться применением и созданием электроракетных двигателей. Как мы видим, ионные двигатели с очень высокой скоростью истечения рабочего вещества (а уже созданы модели таких двигателей со скоростью истечения более 100 км/с) могут обеспечить приемлемые сроки для полетов к дальним окраинам Солнечной системы. Но ведь человека манят не только планеты. Он мечтает и о полете к звездам! А даже самая близкая к нашему Солнцу звезда — Проксима Центавра — находится от нас на расстоянии более 4 св. лет. Чувовищность этого расстояния можно себе представить, если припомнить, что среднее расстояние от Земли до Солнца, равное 150 млн. км, свет пробегает всего за 8 мин! Нетрудно понять, что полет

даже к самой близкой нашей соседке требует совсем иных скоростей. Чтобы совершить его в сколько-нибудь разумные сроки, нужны уже скорости, близкие к световой, т. е. 300 000 км/с.

Чтобы получить такие скорости, нужно, конечно, использовать ракетный двигатель с максимально возможной скоростью истечения рабочего тела, т. е. скоростью света. Для этого необходимо выбрасывать из двигателя не струю какого-либо вещества, а мельчайшие порции энергии — кванты. Этими частицами могут быть, например, фотоны — кванты световой энергии. Но чтобы получить реактивную силу, достаточную для разгона звездного корабля, необходимо излучать огромный поток световой энергии. Даже если решить задачу получения этой энергии, то встанет чрезвычайно сложная проблема направленного отражения (излучения) этой энергии от звездолета. Любое идеальное зеркало поглощает небольшую часть отражаемой энергии. В нашем случае эта небольшая часть от необходимой энергии будет столь огромна, что мгновенно испарит любой известный материал. Проблема направленного отражения мощнейшего светового потока далеко не единственная для создания ракетных двигателей, пригодных для звездолетов.

Пожалуй, еще более сложно получить огромную энергию, необходимую для такого двигателя. Вероятно, нет надобности объяснять, что химические источники энергии тут совершенно бессильны. Как показывают расчеты, и энергия, выделяемая при реакции ядерного деления, и даже энергия термоядерного синтеза здесь недостаточны.

И все же получение огромной необходимой энергии принципиально возможно. Дело в том, что даже при термоядерной реакции, осуществленной пока только в водородной бомбе, в энергию превращается примерно одна десятая процента массы вещества. Однако науке известны процессы, при которых вся масса вещества превращается в энергию, — это реакция аннигиляции. Именно при этой реакции выделяется максимально мыслимая энергия, причем в форме частиц, имеющих столь высокую для двигателей звездолета световую скорость.

Создание аннигиляционных источников энергии и способов ее излучения также еще не разрешит окончательно проблему межзвездных перелетов. Даже при световой, т. е. максимально возможной, скорости истечения из фотонного ракетного двигателя запас вещества, необходимого для получения энергии, позволяющей осуществить полеты к звездам, должен быть огромным — порядка сотен миллионов тонн!

Есть множество и других сложнейших проблем, стоящих на пути межзвездных перелетов. Тут и очень длительные перегрузки, которым будут подвергаться звездолетчики, и проблема столкновения с мельчайшими частичками космической пыли, которые при околосветовых скоростях звездного корабля становятся грозным препятствием, и многое-многое другое. При современном уровне развития науки и техники трудно даже весьма приблизительно наметить пути решения этих задач. И все же полеты с околосветовыми скоростями не противоречат принципам науки.

Безграничная мощь человеческого разума способна решить эти проблемы. И настанет время, когда человек отправится к звездам. И так же как корабли ближнего космоса, его звездолеты будут приводить в движение реактивные двигатели — двигатели прямой реакции.

6 Автоматы работают в космосе

Наряду с пилотируемыми космическими полетами, о которых речь впереди, огромную роль в освоении ближнего и дальнего космоса, в научных космических исследованиях, в использовании космонавтики для нужд народного хозяйства играют автоматические космические аппараты. Их можно подразделить на два основных класса: искусственные спутники Земли — ИСЗ — и аппараты для исследования дальнего космоса, Луны и планет Солнечной системы, большую часть из них часто называют АМС — автоматические межпланетные станции.

Работа на околоземной орбите

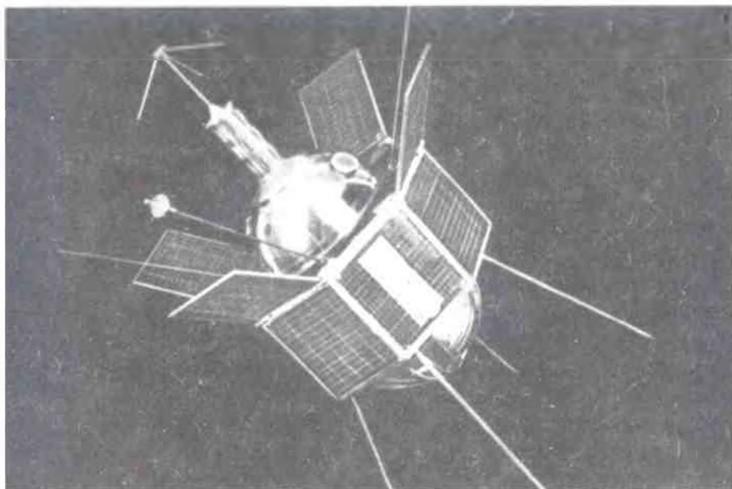
Многие ИСЗ предназначены для научных исследований. Значительная часть советских спутников серии «Космос» (еще в феврале 1988 г. был запущен юбилейный спутник этой серии «Космос-2000», и запуски их продолжают регулярно), многотонные спутники серии «Протон» и другие несут самую различную аппаратуру для изучения Солнца, космических лучей, магнитного поля нашей Земли, верхних слоев атмосферы и многого другого.

Для подробного изучения радиационного пояса нашей планеты запускались спутники «Электрон». Они позволили открыть ряд новых физических явлений в околоземном пространстве, помогли получить важные данные для обеспечения радиационной безопасности при проведении пилотируемых космических полетов.

Значительная часть спутников серии «Космос» в известной степени универсальна, и конструкторы стремятся к частичной унификации их конструкции. Это позволяет организовать серийное производство спутников и их элементов, а значит, значительно удешевить проведение космических исследований. Уже с 60-х годов началось, таким образом, серийное производство искусственных небесных тел!

Создать полностью стандартный, универсальный спутник для программы «Космос» невозможно, так как характер проводимых исследований весьма разнообразен. В эту программу входит изучение концентрации заряженных частиц в ионосфере, энергетического состава радиационного пояса Земли, корпускулярных потоков и частиц малых энергий, первичного состава космических лучей, магнитного поля Земли, коротковолнового излучения Солнца, верхних слоев атмосферы, образования и распределения облачных систем в атмосфере Земли. Это, так сказать, чисто научные задачи. Кроме того, на спутниках «Космос» изучается и отрабатывается ряд технических проблем — вход спутника в атмосферу

Искусственный спутник
Земли «Космос-97»



Земли, защита от воздействия космических факторов на аппаратуру и элементы конструкции, совершенствование систем ориентации и приземления в заданном районе, надежность различных узлов и систем жизнеобеспечения и т. д.

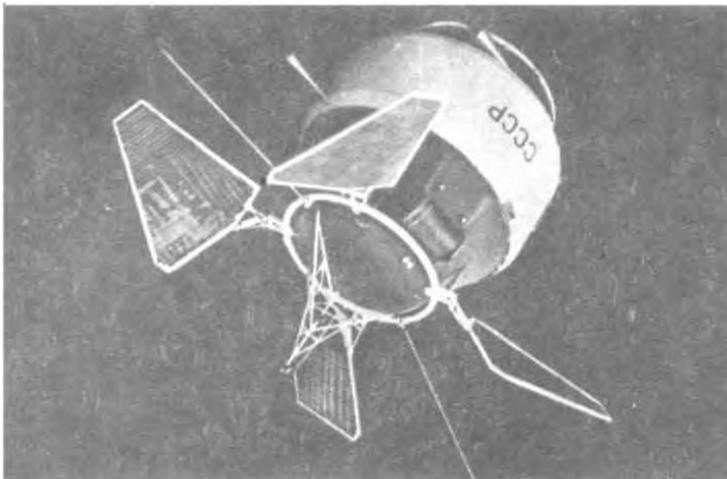
В соответствии с разным характером задач существуют разные модификации спутников «Космос». Значительны отличия, скажем, тех спутников этой серии, которые запускаются с возвращением на Землю, они должны оснащаться тормозными двигателями и парашютными системами. Однако различные модификации имеют максимальную преемственность конструкции, а многие обслуживающие системы и системы управления бортовой аппаратурой одинаковы.

Существует специальная модификация спутников «Космос» с системой ориентации. Дело в том, что для некоторых научных исследований спутники должны быть строго ориентированы в пространстве — определенным образом направлены по отношению к Солнцу, Земле или звездам.

Изменение положения искусственного спутника Земли в пространстве и его стабилизация достигаются обычно с помощью двух дополняющих друг друга систем: системы газоструйных сопел (т. е. маленьких реактивных двигателей, работающих на сжатом газе) и системы, которая состоит из нескольких маховиков, вращаемых электромоторами. Управляющие сигналы для этих систем поступают от датчиков, реагирующих, скажем, на солнечный луч.

Телеметрическая аппаратура на борту «Космоса» преобразует различные данные, измеряемые научными приборами спутника, а также данные о работе многочисленных систем аппаратуры в радиосигналы, которые по многоканальной радиотелеметрической системе передаются на Землю.

Все бортовые системы спутника отличаются высокой надежностью, малыми массой и размерами, небольшим потреблением электроэнергии; они могут работать как в условиях невесомости, так и при значительных перегрузках (при взлете или приземлении).



Тяжелый искусственный спутник Земли «Протон»

Сотни спутников «Космос» несли и несут службу во имя науки.

Интересен эксперимент с установкой на спутниках «Космос» небольших телескопов. Из-за поглощающих свойств атмосферы с Земли невозможно вести наблюдения в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах, а эти волны несут большое количество информации из глубин космоса. Телескопы, вынесенные в космос, должны, в частности, помочь определить природу имеющихся в космосе источников рентгеновского излучения.

Спутник «Космос-215» был оснащен небольшими телескопами с диаметром зеркала 70 мм, рентгеновским телескопом, двумя фотометрами для регистрации рассеянного в верхней атмосфере Земли солнечного излучения.

На спутнике «Космос-262» имелась целая небольшая оптическая обсерватория, которая регистрировала ультрафиолетовое и мягкое рентгеновское излучение одновременно верхней атмосферы Земли, Солнца, звезд и межзвездной среды.

Широко известна во всем мире еще одна серия советских научных спутников — тяжелые космические станции «Протон». Главное назначение этих спутников — изучение космических лучей.

С 1972 г. на высокоэллиптических орбитах выводятся спутники серии «Прогноз» (высота орбиты в апогее до 200 000 км).

На спутниках «Прогноз-5» (1976 г.), «Прогноз-6» (1977 г.), «Прогноз-7» (1978 г.) наряду с советской была установлена научная аппаратура из разных стран мира (Чехо-Словакии, Франции, Венгрии, Швеции). Запущены спутники «Прогноз-8» (1980 г.), «Прогноз-9» (1983 г.), «Прогноз-10» (1985 г.).

Эта серия ИСЗ предназначена для изучения влияния солнечной активности на межпланетную среду и магнитосферу Земли, исследования потоков солнечной плазмы, корпускулярного и электромагнитного излучения Солнца, галактических ультрафиолетовых, рентгеновских и гамма-излучений.

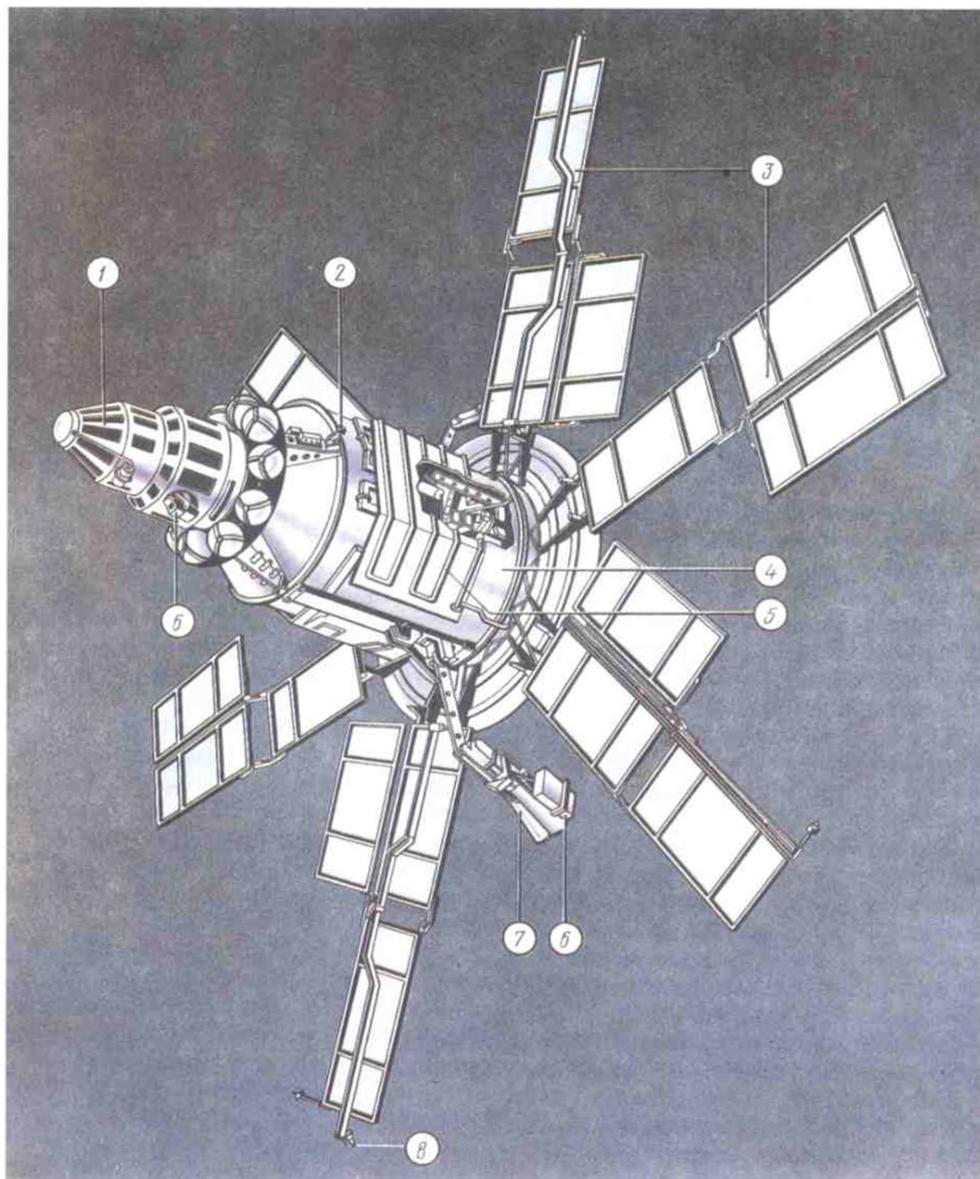


Схема спутника связи «Молния-3» (1 — двигатель коррекции; 2 — двигатель ориентации; 3 — панели солнечных батарей; 4 — контейнер с приборами; 5 — системы терморегулирования; 6 — датчики ориентации; 7 — направленные антенны; 8 — слабнонаправленные антенны)

В 1983 г. ракета-носитель «Протон» вывела на сильно вытянутую орбиту (200 000 км в апогее и 2000 км в перигее) предназначенный для астрофизических исследований спутник «Астрон». На борту этого аппарата были установлены рентгеновский телескоп-спектрометр и ультрафиолетовый двухзеркальный телескоп с диаметром главного зеркала 0,8 м, система наведения телескопа на звезду и стабилизации его в течение нескольких часов, пока длится сеанс наблюдения. Работа орбитальной обсерватории «Астрон» принесла ученым много интересных результатов. Она функционировала в космосе более пяти с половиной лет.

Астрофизическая лаборатория «Рентген» на борту модуля «Квант» прилотируемого орбитального комплекса «Мир» (о нем речь впереди) продолжает исследование, проводившиеся «Астроном».

В декабре 1989 г. ракета-носитель «Протон» вывела на орбиту новую автоматическую обсерваторию «Гранат», созданную НПО им. Лавочкина. Ее масса 4 т, в том числе около 2300 кг составляет масса научной аппаратуры, созданной специалистами нашей страны, Франции, Дании и Болгарии. Это рентгеновские телескопы «Сигма», АРТ-П, АРТ-С, другие приборы.

Много интересных биологических экспериментов проведено на советских ИСЗ нашими учеными и их иностранными коллегами.

Но наиболее наглядно и ощутимо для всех людей польза космических автоматов проявляется в работе ИСЗ прикладного назначения. А среди прикладных спутников наиболее очевидна роль спутников связи и спутников службы погоды.

Спутники «Молния» обеспечивают телевизионными и телефонными каналами связи пункты, находящиеся на огромном расстоянии друг от друга. Правда, радиосвязь и без спутников возможна на весьма дальние расстояния. Однако хорошо огибают земную сферу лишь длинные волны. Короткие радиоволны можно использовать для дальних радиопередач лишь благодаря тому, что они отражаются от ионосферы. Ультракороткие волны (УКВ) этим свойством не обладают. А телевизионные передачи ведутся именно на ультракоротких волнах. Сфера их распространения — только в пределах прямой видимости. Поэтому для увеличения дальности телепередач приходится прокладывать специальный кабель или сооружать дорогостоящие радиорелейные линии. Есть еще один способ увеличить дальность передач — поднять повыше антенну передающей станции, тогда ультракороткие волны смогут достигать по прямой линии более удаленных точек земной поверхности. Именно поэтому различные города мира соревнуются в высоте своих телебашен. Останкинская башня в Москве имеет высоту 534 м. Но и она лишь ненамного повышает дальность распространения телепередач. Поэтому взоры ученых обратились к спутникам Земли: они позволяют вести передачу с высоты в десятки тысяч километров.

Несколько спутников, соответственным образом расположенных в пространстве, могут обеспечить связь на ультракоротких волнах между всеми районами земного шара. Большая емкость ультракоротковолнового диапазона позволяет использовать спутники и для телефонной связи между отдаленными и малодоступными районами.

Первый советский спутник связи «Молния-1» запущен в космос

в апреле 1965 г. Чтобы обеспечить наиболее длительное время связи между различными пунктами страны, он (как и последующие спутники этой серии) был выведен на сильно вытянутую эллиптическую орбиту с апогеем около 40 000 км. Апогей орбиты расположен над Северным полушарием. Период обращения спутника вокруг Земли 12 ч. Это позволяет на одном витке в течение 9 ч поддерживать связь через спутник между любыми пунктами на территории Европы и Азии, а на другом витке в течение 3 ч поддерживать связь между европейской частью нашей страны и Америкой.

Спутники «Молния» ведут передачу на наземные станции системы «Орбита», для успешной передачи сигналов на этих спутниках имеется орсонаправленная на Землю параболическая антенна, электроэнергию аппаратура получает от 6 панелей солнечных батарей. К 1967 г. были построены первые 20 станций системы «Орбита». Сейчас их функционирует более 100. Десятки миллионов людей на Камчатке и Новой Земле, в Средней Азии и Закавказье, в Сибири и на Сахалине, на огромных просторах наших стран благодаря спутникам связи смотрят передачи цветного телевидения из Москвы, связываются по телефону с любым пунктом Содружества, получают центральные газеты в тот же день, что и москвичи (полосы газет передаются через спутники по фототелеграфу). С 1975 г. в системе «Орбита» используются ИСЗ «Радуга», запускаемые на геостационарную орбиту с точками стояния на 35° и 85° восточной долготы, и спутники «Молния-3» (с 1974 г.) на эллиптической орбите.

Спутники «Радуга» имеют многоствольную ретрансляционную аппаратуру связи, которая работает в сантиметровом диапазоне волн, они оснащены трехосной системой точной ориентации с гиросиловым стабилизатором и реактивными двигателями малой тяги. Энергопитание — от солнечных батарей с размахом более 9 м. Двухтонная «Радуга» выводится на высоту 36 000 км четырехступенчатым вариантом мощной ракеты-носителя «Протон».

В последние годы система «Орбита», как и новая система «Москва», переводится на геостационарные спутники нового поколения «Горизонт».

Еще один спутник связи — «Экран». Он создан для ретрансляции программ черно-белого и цветного телевидения на сеть приемных устройств коллективного пользования, имеющих антенну типа «фазированная решетка», без использования станций системы «Орбита». Для этого на «Экране» более мощный ретранслятор, чем на «Молниях», «Радугах» и «Горизонтах». Мощность ретранслятора 200 Вт. Спутники «Экран» выводятся на круговую орбиту, близкую к стационарной. Они имеют жидкостный ракетный двигатель для коррекции орбиты и систему точной ориентации на Землю. В нашей стране функционирует уже более 6000 приемных станций системы «Экран».

Сейчас для телевидения используются 11 спутниковых каналов. Системы «Орбита», «Москва» и «Экран» в сочетании с наземными радиорелейными и кабельными линиями делают возможным транслировать две центральные телепрограммы на всей территории бывшего Советского Союза. Через спутники осуществляется связь с судами Ака-



Спутник связи «Экран»

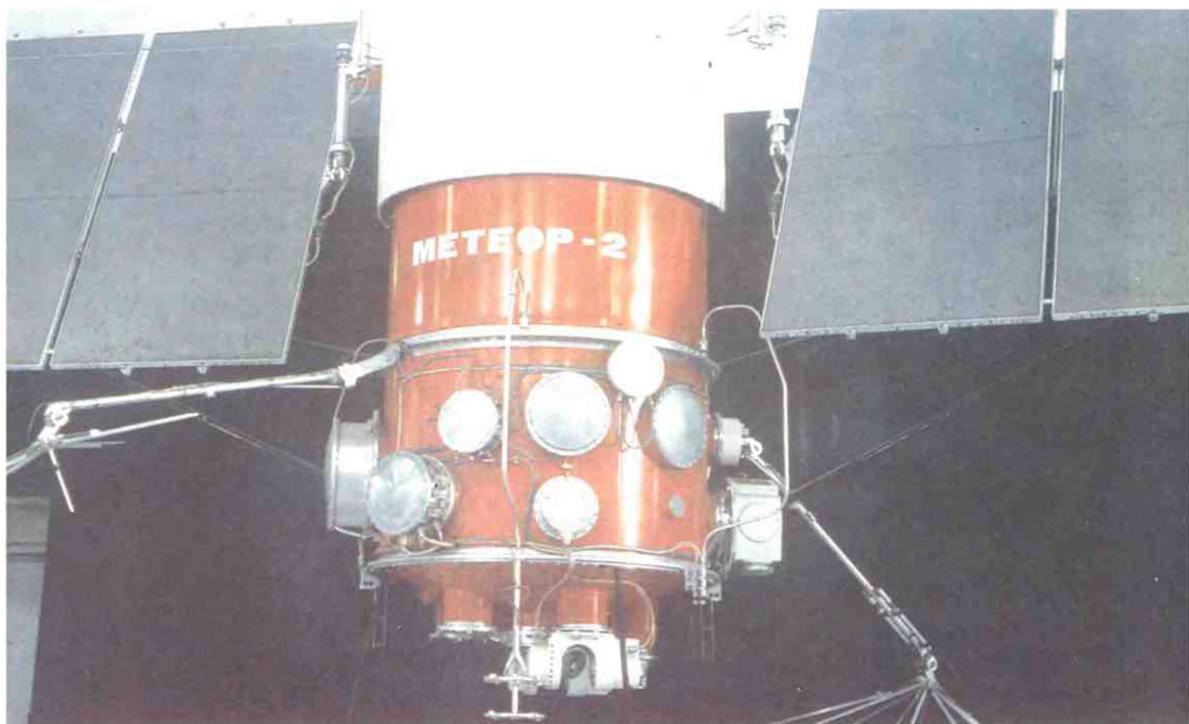
демии наук, со странами Европы, Азии, с Кубой, Алжиром, через спутники проводятся телемосты с Америкой.

Одним из наиболее важных примеров прикладного применения космической техники являются метеоспутники. В марте 1992 г. исполнилось 25 лет непрерывной работы спутников службы погоды в нашей стране. Одновременно несут постоянную вахту в интересах метеослужбы три спутника «Метеор». Существенной частью метеорологической системы спутников «Метеор» является наземный комплекс. Он ведет прием, обработку и распространение полученной со спутников метеорологической информации. Спутники «Метеор» оборудованы как телевизионной, так и инфракрасной (чувствительной к тепловому излучению) системами съемки. Двойная система ориентации обеспечивает направление спутника, его съемочной аппаратуры на Землю, а панелей солнечных батарей — на Солнце.

С 1975 г. в системе службы погоды «Метеор» начали использоваться спутники «Метеор-2», снабженные значительно более совершенной метеорологической аппаратурой и обладающие лучшими динамическими характеристиками. На «Метеоре-2» установлены три вида оптико-механической сканирующей телевизионной аппаратуры. Они позволяют получать изображение облачности и поверхности Земли с полосы шириной более 2000 км. Инфракрасная аппаратура дает изображение с полосы шириной 2600 км.

Спутники «Метеор» запускаются на близкие к круговым орбиты высотой 900 км ракетами-носителями «Союз». За один оборот вокруг земного шара «Метеор-2» дает информацию с огромной территории, составляющей около 20% поверхности нашей планеты. Повышение точности прогнозов погоды благодаря ИСЗ дает ощутимую выгоду народному хозяйству.

Основные центры приема и обработки информации со спутников службы погоды находятся в Москве, Новосибирске и Хабаровске. Оттуда данные поступают в Гидрометцентр. Прямая передача фотоснимков из космоса ведется также на более чем 80 автономных пунктов, которые



находятся в самых разных местах на огромной территории, включая действующие полярные станции, станцию «Молодежная» в Антарктиде, научно-исследовательские суда Академии наук и Госкомгидромета.

Особенно важна спутниковая информация, собранная над океанами, горными массивами и другими труднодоступными районами.

Система «Метеор» является составной частью Всемирной службы погоды. Информацию для нее поставляют также американские спутники NOAA и ГОСС, западноевропейский «Метео-сат», японский «Химавари». Очень важно, что спутники помогают своевременно предупреждать о тайфунах и ураганах, других климатических аномалиях.

Существенную роль играют ИСЗ в службе навигации морских судов и самолетов. Практическое использование спутников для этой цели началось еще в 60-е годы.

А в 1978 г. было положено начало советской космической навигационной системе «Цикада». Первым ИСЗ этой системы был спутник «Космос-1000». Шесть навигационных спутников обеспечивают быстрое получение необходимых данных для определения координат в любой точке Мирового океана. Десятки тысяч судов разных стран оборудованы уже компактной аппаратурой для спутниковой навигации. В России действует специальная организация «Морсвязьспутник», которая входит

Метеорологический
спутник «Метеор-2»



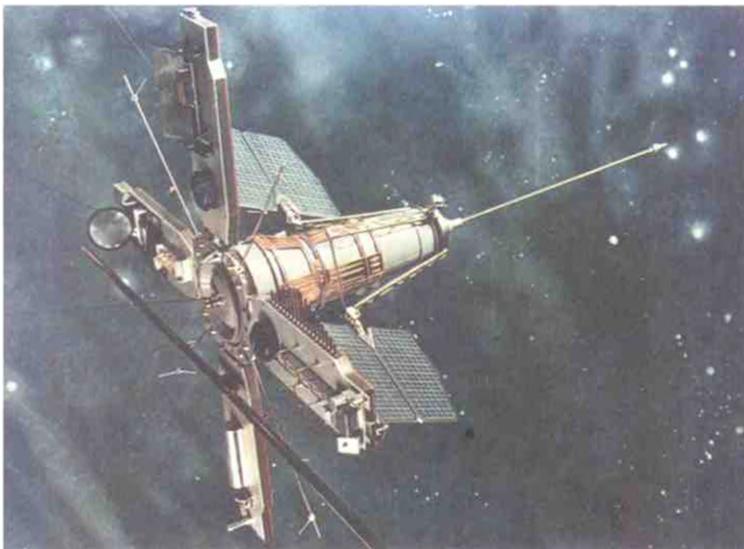
Ракета-носитель «Циклон»
стартует с космодрома
Плесецк

в Международную организацию морской спутниковой связи — ИНМАРСАТ. В 1982 г. началась коммерческая эксплуатация этой системы.

Большие услуги оказывают человеку искусственные спутники Земли в геодезии, картографии, океанографии.

Комплексное изучение Мирового океана имеет огромное значение для народного хозяйства. Достаточно напомнить, что с поверхности океана за год испаряется $3 \cdot 10^5$ млрд. т воды. Для человека очень важны сведения о состоянии поверхности океана, химическом составе воды, ее засоленности. Очень актуальна задача более полного использования продовольственных ресурсов морей, а для этого необходимы наиболее полные и постоянно обновляющиеся сведения о биологической жизни океана, распределении планктона, миграции рыб.

Изучение океана ведут широким фронтом сотни специальных научно-исследовательских судов, дрейфующие ледовые экспедиции, автоматические плавучие станции, самолеты океанографической службы, батискафы и подводные лодки. Однако огромные просторы океана делают помощь спутников Земли очень существенной. Большие территории, которые охватывают наблюдения и измерения со спутников, позволяют заменить тысячи и тысячи наблюдателей на поверхности океана. Спутники позволяют получить глобальные данные о температуре поверхности морей; на инфракрасных изображениях, полученных со спутников, четко видны границы морских течений. Наблюдая изменение этих границ



в течение определенного времени, ученые определяют закономерности жизни океана. Такая задача не под силу, конечно, обычным океанографическим средствам исследования.

Исследования океана проводились в какой-то мере разными спутниками. Однако теперь появились и специализированные спутники серии «Океан». Один такой спутник выведен на орбиту 28 февраля 1990 г. ракетой-носителем «Циклон». Его задача — получение оперативной океанографической информации и данных о ледовой обстановке. Информация со спутника поступает в Государственный научно-исследовательский центр изучения природных ресурсов и на автономные пункты приема информации Госкомгидромета.

Ранней весной очень важно иметь достоверные данные о снежном покрове различных районов. Такие сведения существенно облегчают прогноз паводков. Фотографии, сделанные спутниками Земли, предоставляют такую возможность. На телевизионных фотографиях со спутников хорошо различаются горные и долинные ледники, четко просматриваются многие озера, а на некоторых из них, где вода прозрачна, хорошо видно дно, например на спутниковых фотографиях среднеазиатского озера Иссык-Куль. Хорошо видны реки. Такие снимки помогают определить заливаемые водой поймы и дельты. Применение спутников для гидрологических исследований дает значительный экономический эффект.

Спутники ускоряют поиски выхода к поверхности подземных вод: на снимках они отчетливо видны в виде темных пятен. Светлые же и светло-серые тона дают возможность определить места земной поверхности с засоленными почвами. Снимки из космоса помогают изучать и эрозию почвы.

Использование спутников имеет немалое значение для лесного хозяйства, особенно в нашей стране, где лесами занято более 9 млн. км²,

а общая площадь земель лесного фонда составляет половину территории страны. Любые лесохозяйственные мероприятия предусматривают прежде всего постоянное обследование лесов. Значительную помощь в этом деле оказывает аэрофотосъемка. Фотографирование со спутников еще более перспективно — оно позволяет быстро охватить огромные территории, получить данные об отдаленных и труднодоступных районах. Снимки из космоса помогают произвести обмер лесных участков, уточнить контуры лесов, определить породный состав лесных массивов и состояние лесонасаждений.

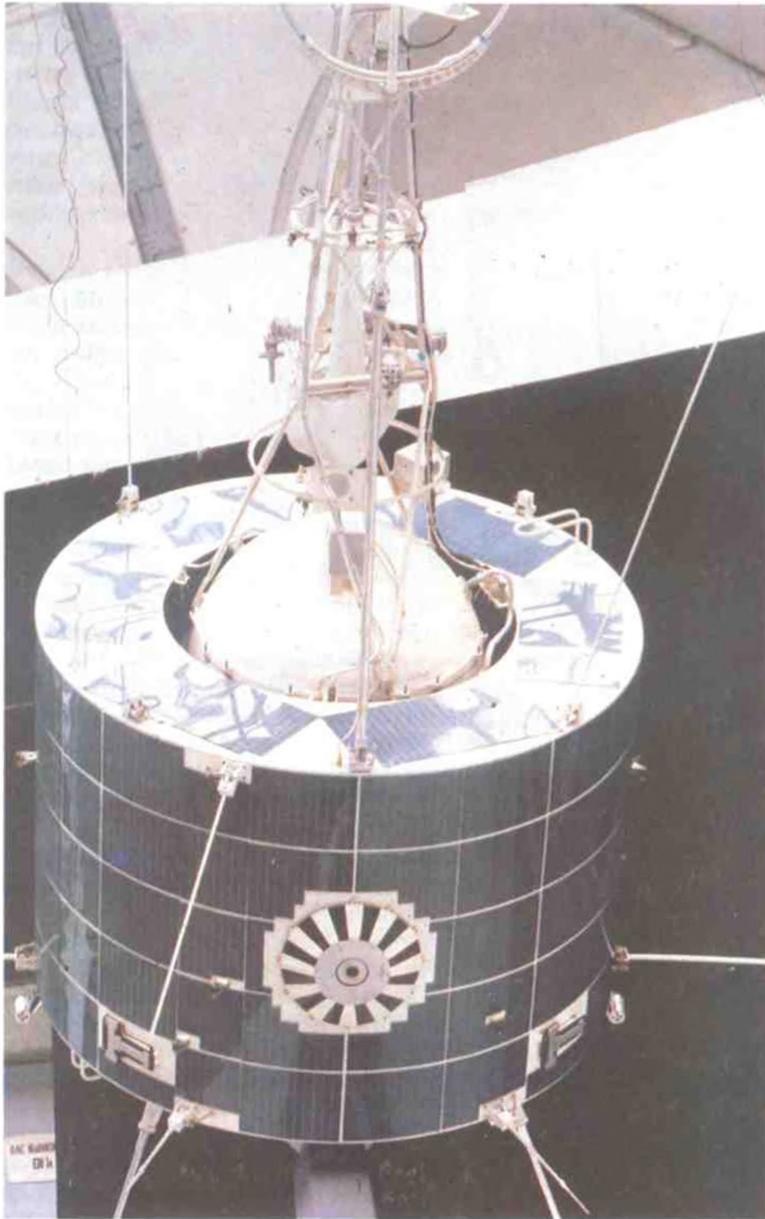
Особенно важны наблюдения со спутников для борьбы с лесными пожарами. На территории нашей страны ежегодно с апреля по сентябрь возникает более 20 тыс. лесных пожаров. В засушливые годы площадь обгоревших лесов достигает миллиона гектаров. Чрезвычайно важно своевременно обнаружить лесной пожар.

Сотни самолетов и вертолетов регулярно несут противопожарную службу. Однако зависимость авиации от погоды и гигантские массивы лесов приводят к тому, что среднее время обнаружения пожара с помощью патрульной авиации составляет около 12 ч. Космическая система, состоящая из двух спутников, сокращает это время до 4 ч. Спутники могут также быстро определить в районе больших пожаров образование мощных конвективных кучевых облаков. А современная наука позволяет использовать эти облака: распыляя в них химические реагенты, вызвать сильный дождь, который поможет погасить пожар. Весьма велика роль спутников и в сельском хозяйстве — это обследование состояния пастбищ и посевов, прогнозирование урожая, обнаружение зон, пораженных сельскохозяйственными вредителями. Очень важна роль космических фотоснимков в геологии. Большую работу по заданию геологов выполняют космонавты с борта пилотируемых орбитальных станций и кораблей — об этом речь впереди, но используются в геологии, конечно, и данные, полученные с автоматических орбитальных аппаратов.

Большую пользу народному хозяйству приносят новые спутники «Ресурс-Ф», на которых установлена аппаратура для разномасштабной многозональной фотосъемки поверхности Земли.

Уже много лет функционирует система поиска и спасения терпящих бедствие судов и самолетов с помощью спутников — КОСПАС — САРСАТ. Ее создали СССР, Канада, США и Франция, затем к пользователям системы присоединились Великобритания, Болгария, Бразилия, Норвегия и другие страны. Это, по существу, развитие опыта навигационных спутников, о которых мы рассказали. Дело в том, что очень важно как можно быстрее получить данные о местоположении потерпевшего аварию корабля или самолета. Быстрая помощь спасает много человеческих жизней. Для этого очень многие суда, самолеты, а в последнее время нередко и геологические партии, топографы и даже туристы снабжаются аварийными радиобуями. Сейчас их в мире уже сотни тысяч. Сигналы от радиобуев принимаются спутниками, ретранслируются на наземные станции, обрабатываются и позволяют быстро обнаружить терпящих бедствие людей.

Первым спутником этой системы был наш «Космос-1383». Благодаря КОСПАСу — САРСАТу уже спасено более 2 000 человек.



Спутник системы КОСПАС

В феврале 1990 г. в нашей стране запущен ракетой-носителем «Космос» спутник «Надежда». На борту этого спутника находится аппаратура для работы в системе КОСПАС — САРСАТ, а также аппаратура навигационной системы для определения местонахождения судов морского и рыболовного флотов.

С каждым годом расширяется сфера использования искусственных спутников Земли, автоматы на околоземной орбите стали нашими незаменимыми помощниками.

Автоматические аппараты дальнего космоса

Сотни автоматических исследователей и работников летают теперь в околоземном космическом пространстве. Однако человеку несвойственно ограничиваться достигнутым. Его интересуют и просторы дальнего космоса. Жажда познания не знает пределов.

И очень скоро вслед за первыми спутниками Земли в космические дали отправились автоматические разведчики науки.

После выхода на околоземные орбиты человек прежде всего устремился к естественному спутнику Земли — Луне.

Прошло лишь 15 месяцев после начала космической эры, ознаменованного запуском первого искусственного спутника, и 2 января 1959 г. в направлении Луны стартовала советская многоступенчатая ракета с автоматической межпланетной станцией (АМС) «Луна-1». Последней ступени ракеты вместе с закрепленной в ее головной части АМС была придана впервые в истории вторая космическая скорость — 11,2 км/с.

«Луна-1», имевшая массу вместе с последней ступенью ракеты-носителя 1472 кг (масса контейнера с научной аппаратурой и источниками питания 361,3 кг), прошла на расстоянии 5—6 тыс. км от Луны, вышла на орбиту вокруг Солнца и стала первой искусственной планетой Солнечной системы. Станция «Луна-1» положила начало изучению важнейших характеристик межпланетного пространства: межпланетного магнитного поля, интенсивности космических лучей вне магнитного поля Земли, метеоритных частиц, газовой компоненты межпланетного вещества и корпускулярного излучения Солнца и т. д.

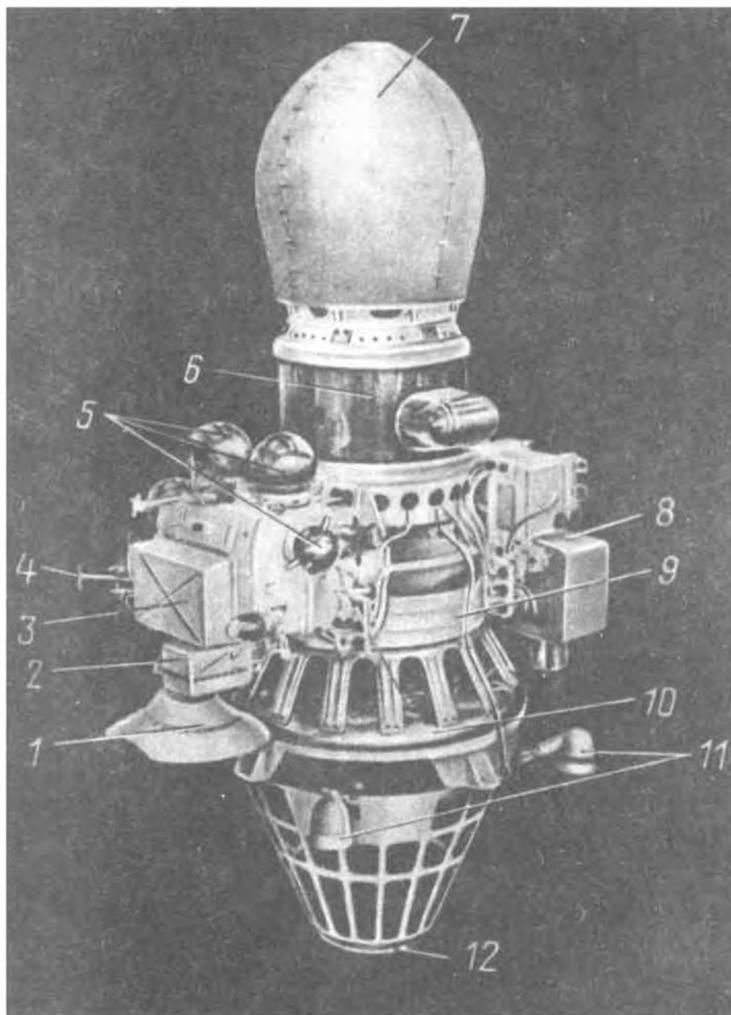
«Луна-1» дала много важного материала для науки. В частности, впервые было установлено отсутствие сильного магнитного поля вокруг Луны и зарегистрирован так называемый «солнечный ветер» — потоки ионизированной плазмы.

В сентябре 1959 г. в нашей стране запущена вторая космическая ракета к Луне. Она несла станцию «Луна-2». Это был первый в истории человечества межпланетный перелет. 14 сентября 1959 г. в 00 ч 02 мин 24 с по московскому времени «Луна-2» достигла поверхности Луны. Станция прилунилась в районе западных склонов кратера Автолик. Данные, полученные с ее борта, подтвердили отсутствие сильного магнитного поля вокруг Луны, отсутствие у нее радиационного пояса и уточнили структуру радиационного пояса Земли.

Всего через несколько недель новый успех науки и техники — полет к Луне станции «Луна-3».

Автоматическая станция «Луна-9», впервые в истории совершившая мягкую посадку на Луну:

1 — антенна радиовысотомера; 2 — радиовысотомер; 3 — аппаратура; 4 — микродвигатели системы ориентации; 5 — баллоны с газом; 6 — отсек системы управления; 7 — автоматическая лунная станция; 8 — система астроориентации; 9 — бак окислителя; 10 — бак горючего; 11 — двигатели системы управления; 12 — маршевый двигатель



Интерес к Луне вызывается прежде всего тем, что она ближайшая наша соседка в космосе. Порой в ясную летнюю ночь во время полнолуния кажется: рукой подать! Но даже в перигее до Луны 356 410 км. Дело не только в этом. Изучение Луны очень важно для понимания происхождения и эволюции всей Солнечной системы.

Поверхностный слой Луны, не защищенный атмосферой, испытывает непосредственное воздействие межпланетной материи. Наш естественный спутник сохранил элементы рельефа, которые не подверглись эрозии, подобной эрозии земной поверхности. Многие, очень многие интересуют человека на Луне. И, конечно же, особый интерес представляла невидимая с Земли сторона Луны.

4 октября 1959 г. «Луна-3» была выведена на сложную траекторию полета, по существу, очень сильно вытянутую орбиту спутника Земли. На борту АМС находилась фототелевизионная система, предназначенная для фотографирования Луны, автоматической обработки пленки на борту станции и передачи полученных изображений по телевизионному каналу на Землю, аппаратура для физических измерений в космосе, система ориентации станции относительно Солнца и Луны, радиотехнический комплекс, блоки энергопитания и другая аппаратура.

После ориентации станции ее аппаратура в течение 40 мин фотографировала невидимую с Земли сторону Луны. Пленка была проявлена на борту станции, а затем по телевизионному каналу пошла на Землю уникальные кадры. По данным «Луны-3» и «Зонда-3» была впервые составлена карта обратной стороны Луны.

Огромным по тому времени достижением была мягкая посадка на поверхность нашего естественного спутника станции «Луна-9».

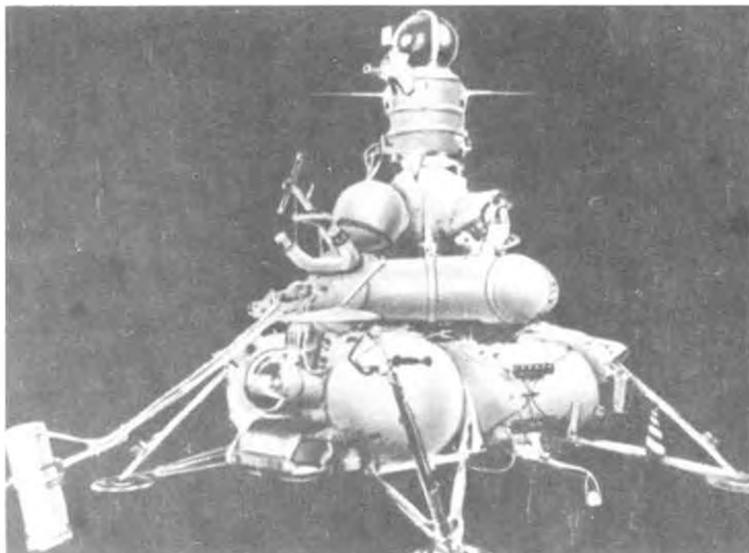
«Луна-9» не могла прилуниться, используя парашютные системы посадки, испытанные при возвращении космических аппаратов на Землю, ведь на Луне нет атмосферы, не на что опереться, чтобы затормозить падение. Опереться пришлось на силу тормозного ракетного двигателя. Но чтобы мягко посадить аппарат, он должен был работать с ювелирной точностью. Тяга должна была регулироваться таким образом, чтобы перед соприкосновением с Луной скорость аппарата снизилась почти до нуля. Такое снижение потребовало и довольно большого запаса топлива — его масса составляла примерно половину массы станции перед началом торможения. Чтобы облегчить станцию перед торможением, от нее отделился отсек с агрегатами и аппаратурой, необходимыми только при полете.

Тяга тормозного двигателя бережно опустила «Луну-9» на границе Океана Бурь, северо-восточнее кратера Кавальери. На Землю было впервые передано изображение лунного рельефа. Полет в 1966 г. «Луны-9» и ее работа на Луне были выдающимся достижением советской науки и техники. В том же году первым спутником Луны стала станция «Луна-10».

Во второй половине 1968 г. была успешно решена новая сложная задача в области космических полетов — советские автоматические станции «Зонд-5» и «Зонд-6» проложили космическую трассу Земля — окололунное пространство — Земля. Была решена задача возвращения на Землю аппаратов, летящих со второй космической скоростью. А в 1970 г. стартовала «Луна-16». Ей предстояло выполнить очень сложную задачу: выйти на орбиту искусственного спутника Луны, совершить мягкую посадку в строго заданном районе нашего естественного спутника, взять образцы лунного грунта, стартовать с поверхности Луны, вернуться на Землю и совершить посадку в заданном районе.

Чтобы обеспечить возвращение космического аппарата на Землю, целесообразно было совершить посадку в таком районе Луны, откуда при вертикальном старте обеспечивается попадание на Землю без предварительных маневров на окололунной орбите. Для посадки на Луну «Луна-16» предварительно была выведена на орбиту спутника Луны. Такой вариант энергетически выгоден, так как позволяет значительную часть

Автоматическая станция «Луна-16», доставившая образцы лунного грунта на Землю



системы и приборов управления полетом перед обратной дорогой оставить на поверхности Луны.

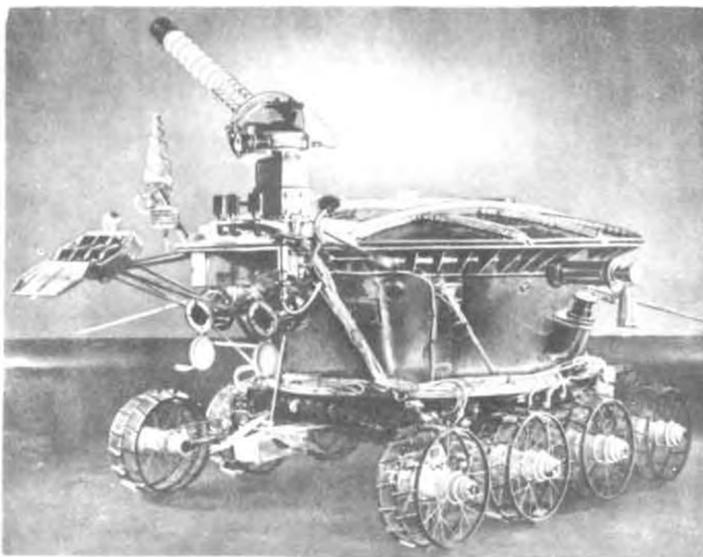
В соответствии с программой полета и была сконструирована станция «Луна-16», которая состояла из посадочной ступени с грунтозаборным устройством и космической ракеты «Луна — Земля» с возвращаемым аппаратом. Общая масса станции 1880 кг.

Посадочная ступень представляла собой конструкцию, которая оснащена основным жидкостным ракетным двигателем многократного включения с регулируемой тягой, системой баков с компонентами топлива, трубопроводами и двумя двигателями малой тяги.

В герметических приборных отсеках посадочной ступени находились счетно-решающие и гироскопические приборы системы управления и стабилизации станции, электронные приборы системы ориентации, радиопередатчики и приемники, химические аккумуляторные батареи с регуляторами и преобразователями тока. Там же были автономный радиовысотомер, элементы системы терморегулирования, телефотометры для передачи информации о месте бурения и забора лунного грунта, приборы для определения температуры и радиационных условий во время полета и на поверхности Луны и, наконец, мозг станции — программно-временное устройство, автоматически управляющее работой всех приборов, агрегатов и систем.

На внешних поверхностях посадочной ступени расположены оптические датчики системы ориентации, маленькие реактивные двигатели систем ориентации и стабилизации и шаровые баллоны с запасом сжатого газа — рабочего тела этих микродвигателей.

На посадочной ступени установлено также грунтозаборное устройство, задача которого — взять пробу лунного грунта и доставить его внутрь контейнера.



«Луноход»

Посадочная ступень выполняла также роль стартовой платформы для космической ракеты «Луна — Земля», установленной в верхней части посадочной ступени.

Ракета «Луна — Земля» имела жидкостный ракетный двигатель и систему баков, в которых находился запас компонентов топлива, необходимого для старта с Луны. На центральном топливном баке укреплен цилиндрический приборный отсек, в котором находятся электронные, гироскопические и счетно-решающие приборы системы управления ракетой, бортовой радиокомплекс, химические аккумуляторные батареи, преобразователи тока и электрические приборы бортовых автоматических систем. Снаружи приборного отсека закреплены четыре штативные антенны бортового радиокомплекса.

В верхней части приборного отсека прикреплен металлический шар — возвращаемый аппарат станции. На его наружную поверхность нанесено специальное теплоизоляционное покрытие для защиты от воздействия высоких температур при входе в атмосферу Земли. Внутри шар разделен на три отсека — приборный, парашютный и отсек-контейнер для лунного грунта.

«Луна-16» блестяще выполнила свою задачу и доставила пробу лунного грунта на Землю.

Выдающимся достижением была также работа на поверхности Луны самоходных автоматических аппаратов — «Луноходов».

Вслед за Лунной советские автоматические космические аппараты в течение ряда лет провели целую серию исследований наших «близких» соседей по Солнечной системе — Венеры и Марса. Станции серии «Венера» проникли под плотное покрывало прекрасной утренней звезды — толстый слой атмосферы планеты Венеры. (Атмосферу эту, как известно, открыл в 1761 г. М. В. Ломоносов.) 1 марта 1966 г. спускаемый аппарат станции

Автоматическая станция
«Венера-5»



«Венера-3» достиг поверхности этой планеты. Это был первый в истории перелет на другую планету. АМС «Венера-4» достигла Венеры в октябре 1967 г. Спускаемый аппарат станции вошел в атмосферу далекой планеты со второй космической скоростью. После аэродинамического торможения на специальной парашютной системе он в течение почти полутора часов плавно спускался в атмосфере Венеры, передавая на Землю ценнейшую информацию, ставшую предметом тщательного изучения.

Этот удивительный эксперимент принес знания об атмосфере Венеры, ее химическом составе, температуре и давлении на разных высотах.

Директор знаменитой английской радиоастрономической обсерватории Джодрелл-Бэнк, крупный ученый Бернард Ловелл, обращаясь к тридцати

журналистам, собравшимся в обсерватории в момент спуска нашей АМС на Венеру, сказал: «Мы принимаем сигналы от предмета, находящегося сейчас на Венере. В этом мы можем быть абсолютно уверены. Это выдающееся историческое достижение. Эта информация представляет потрясающий интерес».

Однако и после полета «Венеры-4» многие данные об этой планете ждали уточнения, немало оставалось и совсем «белых пятен» в наших познаниях о ней. И вот стартовали новые автоматические станции «Венера-5» и «Венера-6» — космические аппараты-близнецы.

В конструкцию и состав научной аппаратуры спускаемых аппаратов этих АМС были внесены многие изменения. Корпус спускаемого аппарата был упрочнен так, чтобы выдержать более высокие перегрузки, давление и температуры, чем те, на которые рассчитывалась «Венера-4». Парашют также изменили, учитывая более высокую плотность атмосферы, чем когда-то предполагалось, его площадь уменьшили в 4 раза по сравнению с парашютом «Венеры-4».

Новые станции дали много новой уточненной информации. А АМС «Венера-7» и «Венера-8» передавали уже данные непосредственно с поверхности планеты, работая в экстремальных, невероятно трудных условиях при температурах около 500°C и давлении в $9,0 \cdot 10^6$ Па!

В 1975 г. были запущены станции нового типа — «Венера-9» и «Венера-10». Эти станции стали первыми искусственными спутниками Венеры, а их спускаемые аппараты впервые в истории передали фотографии с поверхности планеты. АМС «Венера-13» и «Венера-14», достигшие нашей небесной соседки в марте 1982 г., провели химический анализ грунта планеты и передали цветные фотопанорамы поверхности. Ученые считают, что на панорамах хорошо различимы следы извержений венерианских вулканов. А в следующем, 1983 году «Венера-15» и «Венера-16» вышли на орбиты спутников Венеры и в течение 8 месяцев провели с помощью радиолокационной системы подробное картографирование всего северного полушария этой планеты. Да, многое может человеческий разум, вооруженный передовой техникой!

Веками привлекает к себе взоры и умы человеческие красновато-поблескивающий на ночном небосклоне Марс.

Один из первопроходцев ракетно-космической техники Ф. А. Цандер всю жизнь мечтал о полете на эту планету. Все мы с детства читали о таинственных марсианских каналах, слышали самые разные гипотезы, пытающиеся объяснить их происхождение. Астрономы столетиями изучают эту планету, и все же сведения о ней были очень скудными.

1 ноября 1962 г. курс на Марс взял автоматический разведчик «Марс-1» довольно солидной массы — 893,5 кг. 21 марта 1963 г., когда станция удалилась на 106 млн. км от Земли, связь с ней оборвалась. В 1965 г. по этой же трассе прошла американская АМС «Маринер-4». Ей удалось сделать фотографии загадочной планеты и передать их на Землю.

Летом 1969 г. на расстоянии 3200—3400 км от Марса прошли американские АМС «Маринер-6» и «Маринер-7». Они передали фотографии планеты. «Маринер-6» фотографировал экваториальный пояс Марса, где обнаружено большое число кратеров. Поверхность Марса на этих снимках очень напоминает лунную.

Автоматическая станция «Марс-3». Ее спускаемый аппарат впервые совершил мягкую посадку на Марс



Все эти снимки имеют большую научную ценность, однако, к сожалению, они не разрешили многих марсианских загадок.

Совершенствование методов наземных оптических наблюдений, радиоастрономические и радиолокационные исследования, полеты космических аппаратов «Маринер» принесли немало ценной информации о Марсе, однако многое еще оставалось неясным, появились и новые проблемы.

Атмосфера Марса очень разрежена — у самой поверхности планеты плотность атмосферы в 200 раз меньше плотности атмосферы у поверхности Земли. Состоит атмосфера «красной планеты», как ее иногда называют, главным образом из углекислого газа.

Огромные возможности исследования Марса открыли космические аппараты, выводимые на орбиты спутников Марса, и особенно аппараты, совершающие посадку на поверхность этой планеты.

В 1971 г. мощные ракеты-носители «Протон» с дополнительной 4-й ступенью направили к Марсу АМС «Марс-2» и «Марс-3».

Для станции «Марс» особой заботы требуют системы энергопитания и терморегулирования. Ведь Марс находится от Солнца гораздо дальше, чем Венера и Земля, и получает мало солнечного тепла. На станциях, помимо солнечных батарей, имеются химические источники энергии — буферная батарея орбитального отсека и автономная батарея спускаемого аппарата. Солнечная батарея в течение всего полета заряжала буферную батарею, которая включалась в работу во время сеансов связи, когда значительно возрастало потребление энергии. Автономная батарея спускаемого аппарата была заряжена перед его отделением.

Аппаратуру станции нужно было уберечь от сильного холода, а во время работы радиопередатчиков появлялась другая забота — отвести в космос избыточное тепло. Система терморегулирования АМС успешно

справилась с этой задачей, однако для этого пришлось установить целый комплекс устройств. Система терморегулирования на орбитальном отсеке включает в себя экранно-вакуумную теплоизоляцию, специальные терморегулирующие покрытия и активную циркуляционную газовую систему — вентиляторы заставляют циркулировать в аппарате газ, который в зависимости от необходимости нагревается в радиаторе-нагревателе, постоянно направленном на Солнце, или охлаждается в радиаторе-охладителе, ориентированном в космическое пространство. В спускаемом аппарате своя система терморегулирования. Она включает экранно-вакуумную теплоизоляцию, радиационный нагреватель с регулируемой в зависимости от температуры поверхностью и электрический нагреватель.

27 ноября 1971 г. с космического аппарата «Марс-2» была сброшена капсула, достигшая поверхности Марса, а сама АМС после торможения выведена на орбиту искусственного спутника планеты с периодом обращения 18 ч.

2 декабря 1971 г., покрыв расстояние около 470 млн. км, приблизилась к Марсу станция «Марс-3». От АМС отделился спускаемый аппарат, который вошел в атмосферу планеты и совершил мягкую посадку в южном полушарии планеты между областями Электрис и Фаэтонис.

Первая в истории мягкая посадка на поверхность Марса!

После отделения спускаемого аппарата на станции «Марс-3» включился двигатель, который затормозил орбитальный отсек и перевел его с пролетной траектории на сильно вытянутую орбиту искусственного спутника Марса с периодом обращения около 11 сут.

Какой же он — автоматический марсианский аппарат? Как сумел он плавно опуститься на поверхность самого Марса?

Конструктивно спускаемый аппарат представляет собой соединительную раму, на которой закреплены автоматическая марсианская станция, твердотопливный двигатель, обеспечивающий перевод спускаемого аппарата с пролетной на попадающую траекторию, агрегаты системы автономного управления, приборно-парашютный контейнер и аэродинамический тормозной конус.

Через 15 мин после отделения спускаемого аппарата от орбитального отсека включился двигатель марсианской станции, и спускаемый аппарат перешел на траекторию встречи с планетой, затем он развернулся, чтобы войти в атмосферу строго с заданным углом атаки. Аппарат вошел в атмосферу, и аэродинамический щит начал тормозить спуск, приняв на себя удар марсианской атмосферы. Хотя и очень разреженная, атмосфера Марса, рассекаемая аппаратом, раскалялась до нескольких тысяч градусов — ведь аппарат приближался к планете со скоростью около 6 км/с. Щит заметно затормозил спускаемый аппарат, надежное теплозащитное покрытие помогло аппарату выдержать это испытание огнем. Однако ограниченные габариты аппарата не позволяли сделать щит очень большим, и он передал дальнейшие функции торможения парашютной системе еще при сверхзвуковой скорости. Парашют раскрылся по команде датчиков перегрузок при помощи маленького порохового двигателя. На высоте 20—30 м над поверхностью планеты по команде радиовысотомера включился тормозной пороховой двигатель мягкой

посадки, а другой ракетный двигатель увел в сторону парашют, чтобы он не накрыл своим куполом при посадке автоматическую марсианскую станцию.

Летом 1973 г. на штурм Марса отправилась целая флотилия космических аппаратов — «Марс-4», «Марс-5», «Марс-6» и «Марс-7». Преодолев сотни миллионов километров пути, они принесли важные для науки сведения. «Марс-4» фотографировал планету с пролетной траектории, а «Марс-5» — с орбиты искусственного спутника Марса. Трассы съемок пролегли в южном полушарии планеты и простирались с запада на восток на несколько тысяч километров. Со спускаемого аппарата станции «Марс-6» были непосредственно измерены и переданы на Землю параметры атмосферы Марса.

Наши страницы посвящены отечественной космонавтике. Но в разделе о межпланетных автоматических станциях необходимо сказать несколько слов о достижениях, полученных в исследовании планет Солнечной системы американскими космическими аппаратами.

Важные успешные исследования Марса провели американские космические аппараты «Маринер-9» (передано на Землю около 7 000 фотографий планеты), и особенно — «Викинг-1» и «Викинг-2», которые в 1976 г. совершили мягкую посадку на планету, взяли пробы марсианского грунта и провели их анализ, передали на Землю снимки ландшафта в месте посадки, а также фотографии спутников Марса — Фобоса и Деймоса.

В 1972—1973 гг. были отправлены к дальним планетам-гигантам Солнечной системы аппараты «Пионер-10» и «Пионер-11», а в 1977 г. более совершенные АМС «Вояджер-1» и «Вояджер-2» запущены на траекторию полета к Юпитеру. Эти полеты увенчались большими успехами. Получены уникальные фотографии Юпитера и его спутников Амальтеи, Европы, Ганимеда, Каллисто. Телевизионные изображения спутника Юпитера Ио позволили сделать важное открытие — на нем обнаружено 8 действующих вулканов, открыто также кольцо 30-километровой толщины вокруг Юпитера. Обнаружены также неизвестные прежде небольшие спутники Юпитера.

Очень интересные для науки данные дали и телевизионные кадры, сделанные с пролетной траектории у Сатурна. Важные результаты получены при измерении различных параметров спутников Сатурна, открыты и ранее неизвестные спутники.

Космический аппарат «Вояджер-2» в январе 1986 г. пролетел на расстоянии 81 000 км мимо планеты Уран и передал на Землю снимки этой планеты, колец Урана и его спутников. А летом 1989 г. (через 12 лет после запуска!) «Вояджер» передал на Землю большое количество информации о планете Нептун, находящейся на расстоянии 4,5 млрд. км от Солнца, и ее спутниках. Да, велики возможности рукотворных помощников человека.

Автоматические космические аппараты используются также для изучения комет.

Крупным вкладом в изучение Солнечной системы стало выполнение проекта «Вега» — программы изучения планеты Венера и кометы Галлея советскими космическими аппаратами «Вега-1» и «Вега-2». В разработке



Автоматический межпланетный аппарат «Вега»

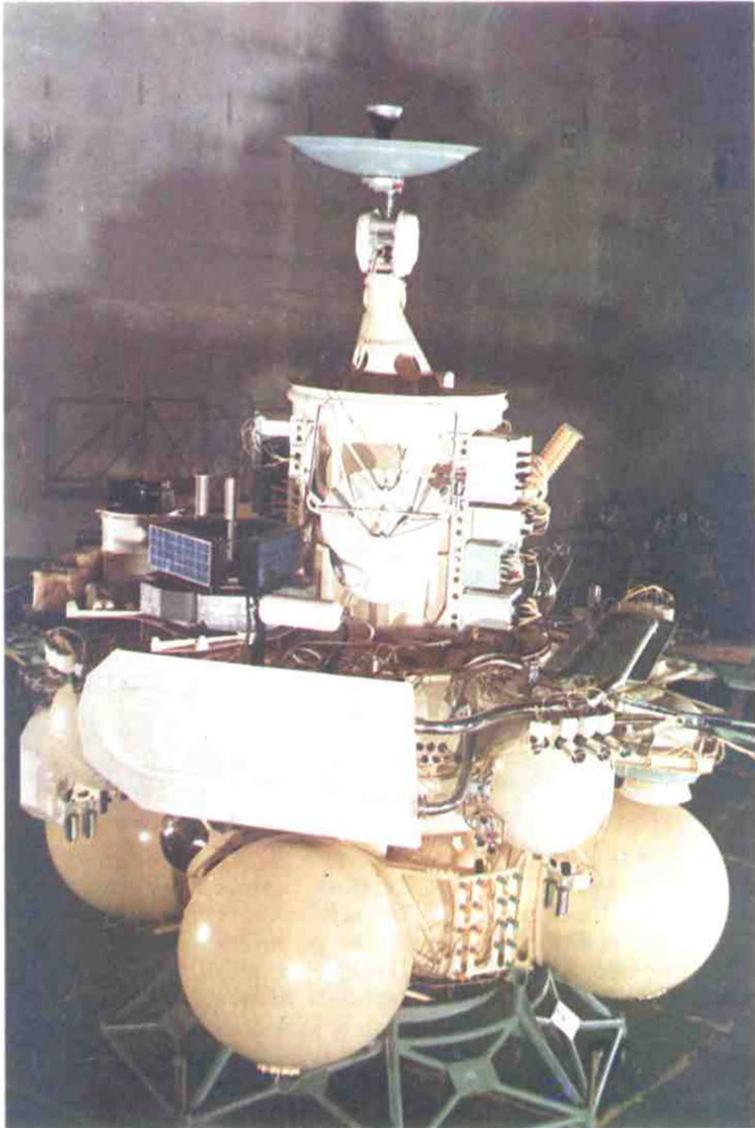
приборов и систем для станций, в организации выдающегося эксперимента сотрудничали вместе с советскими людьми ученые и специалисты Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Чехо-Словакии, Австрии, Франции, ФРГ.

Комета Галлея — редкий гость. После ее приближения к нам в 1985—1986 гг. она снова вернется к Солнцу только в 60-х годах XXI в. И мировое сообщество не упустило редкого шанса: вслед за двумя советскими аппаратами, стартовавшими в уникальный рейс в декабре 1984 г., к комете Галлея направились западноевропейский аппарат «Джотто», японские станции «Пионер» и «Комета».

Полет наших «Вег» решал сразу задачи и по дальнейшему исследованию Венеры, включая замечательный эксперимент по дрейфу аэрометров в ее атмосфере, и по пролету вблизи ядра кометы Галлея, и по прямым измерениям вещества кометы.

«Веги» вначале были выведены на траектории, проходящие через диск Венеры. Когда до планеты оставалось 650 000 км, от станций отделились спускаемые аппараты, а полет самих станций с помощью их двигателей был направлен к точке встречи с кометой Галлея.

11 и 15 мая 1985 г. спускаемые аппараты вошли в атмосферу Венеры. Там на высоте 63 км над поверхностью каждый из них разделился на две



Автоматический межпланетный аппарат «Фобос»

части — нижнюю полусферу с посадочным модулем и верхнюю — контейнер с аэростатом и его оборудованием. Посадочные модули успешно «привенерились» — совершили мягкую посадку на поверхность планеты. Они продолжили исследования, проводившиеся ранее посадочными аппаратами станций «Венера».

Принципиально новыми были исследования с помощью аэростатов. После отстрела теплозащитной полусферы контейнеры, в которых находились аэростатные системы, продолжали спуск на парашютах. Оболочки аэростатов из фторлоновой лакоткани наполнились гелием, и зонды поплыли в небе Венеры. Диаметр аэростата 3,4 м, к оболочке на фале подвешена приборная гондола длиной 1,2 м и массой 6,7 кг. Аэростаты дрейфовали в атмосфере Венеры на высоте 53—54 км на расстоянии 11 000—12 000 км и в течение десятков часов передавали на Землю ценнейшие научные данные. Станции «Вега-1» и «Вега-2» продолжали полет и в марте 1986 г. встретились с кометой, прошли в 8 000 км от ее ядра. Прямые измерения и исследования позволили установить, что компонентами первичного вещества кометы являются вода и оксид углерода (II). Было установлено, что каждую секунду из ядра кометы выбрасывается 5—10 т пылинок. «Веги» передали на Землю около 1 500 снимков кометы Галлея. Ядро кометы оказалось вытянутой глыбой размером $14 \times 7,5$ км. Инфракрасные спектрометры определили температуру поверхности ядра — от 30 до 130°С. Поток интереснейших данных буквально обрушился на головы ученых многих стран, все они очень высоко оценили полученные результаты. «Веги» послужили и лоцманом для западноевропейского аппарата «Джотто». Полученные с них данные помогли провести коррекцию траектории этого аппарата, и он прошел на расстоянии 605 км от ядра кометы.

В июле 1988 г. к Марсу стартовали советские автоматические станции «Фобос-1» и «Фобос-2» весьма сложного устройства с очень сложной программой. В разработке этого проекта принимали участие ученые многих стран. На пути к Марсу проведены детальные исследования межпланетного пространства, Солнца, получены данные о мощной гамма-вспышке далекого космического источника. Предусматривались программой ряд исследований Марса и главная цель — подробные исследования спутника Марса — Фобоса, включая посадку на его поверхность зондов.

К сожалению, еще на длинном пути к окрестностям Марса связь с одним из аппаратов была потеряна. Второй аппарат, «Фобос-2», вышел к Марсу и провел ряд ценных исследований «красной планеты». Он прошел с межпланетной траектории на эллиптическую орбиту Марса с периодом обращения вокруг планеты 76,5 ч. Наибольшее приближение к Марсу составляло 850 км. Постепенно снижаясь, аппарат исследовал атмосферу, ионосферу и магнитосферу Марса, химический и минералогический состав поверхности, радиофизические характеристики.

Была проведена телевизионная съемка Фобоса, получены очень интересные, информативные фотографии. К сожалению, на заключительном этапе эксперимента связь с «Фобосом-2» прекратилась.

7 Человек шагнул в космос

Первые пилотируемые

В июне 1958 г. С. П. Королев вместе с начальником проектного отдела своего конструкторского бюро М. К. Тихонравовым составил записку в правительство о перспективных работах, в которой фактически говорилось уже о необходимости подготовки к полету человека в космос.

В ноябре того же года на совете главных конструкторов было решено начать работу по созданию корабля для полета на околоземную орбиту.

И, естественно, встал вопрос об отборе и подготовке кандидатов для космических полетов. Все следовало делать очень быстро: до первого космического полета человека оставалось немного времени, а опыта подготовки космонавтов, конечно, никакого не было.

Необходимо было определить, какие требования предъявлять к будущим космонавтам, представители какой из существующих профессий более всего подходят для полетов в космос, отобрать кандидатов в космонавты. Следовало разработать программу и методику обучения и, наконец, создать сам Центр подготовки — подобрать подходящее место, построить необходимые здания и сооружения, оснастить их устройствами и аппаратурой для учебы, тренировок, подготовки к полетам, подобрать преподавателей и инструкторов.

Анализ известных специалистам в то время условий космического полета показал, что космонавт прежде всего должен обладать хорошим здоровьем, хорошо переносить перегрузки и невесомость, сохраняя работоспособность. Он должен, конечно, отлично знать конструкцию космического корабля, легко переносить ограниченность окружающего его в космическом корабле пространства и уединение, хорошо ориентироваться, быстро оценивать обстановку и принимать правильные решения.

Разработкой медицинских требований к будущим космонавтам занималась большая группа специалистов различных отраслей медицины под руководством академика В. В. Парина. Они проанализировали опыт подготовки летчиков, подводников, альпинистов, полярников и представителей других профессий, чей труд отличается необычными, сложными ситуациями, большими стрессовыми нагрузками, и пришли к выводу, что более всего подходят для участия в космических полетах летчик-истребители. Такого же мнения был и Главный конструктор ракетно-космических систем С. П. Королев. Он говорил: «Для такого дела более всего пригоден летчик, и прежде всего летчик-истребитель. Это и есть универсальный специалист. Он и пилот, и штурман, и связист, и бортиженер. А будучи кадровым военным, он обладает необходимыми морально-волевыми качествами, его отличает собранность, дисциплинированность и непреклонное стремление к поставленной цели».

Возглавить всю работу по подготовке космонавтов было поручено многоопытному полярному и военному летчику, одному из самых первых Героев Советского Союза Н. П. Каманину. Отбор кандидатов среди летчиков-истребителей Военно-Воздушных Сил Советского Союза проводила комиссия авиационных медиков во главе с врачом Е. А. Карповым, который вскоре стал первым начальником Центра подготовки космонавтов. По просьбе Королева в авиационных частях подбирались летчики не старше 30 лет, ростом до 170—173 см, массой до 70—72 кг. Ограничения роста и массы объяснялись небольшими размерами корабля «Восток». Обязательно принимались во внимание трудолюбие, любознательность, стремление посвятить себя космонавтике.

Комиссия отобрала около 200 человек, которые были направлены для углубленного медицинского обследования в Центральный научно-исследовательский авиационный госпиталь в Москве. Здесь их тщательно обследовали, проводили многочисленные анализы и так называемые «нагрузочные пробы» — в барокамере, на центрифуге и т. д. Требования к здоровью кандидатов были очень жесткими, с большим «запасом» — ведь никто не мог твердо сказать, какие условия в действительности ждут человека в космическом полете.

После тщательной госпитальной проверки было отобрано 20 молодых летчиков, они и составили первый отряд космонавтов. Все они были отличными летчиками, очень здоровыми и очень толковыми молодыми людьми. И тем не менее только 12 из них летали в космос, имена их узнал весь мир — это Гагарин, Титов, Николаев, Попович, Быковский, Беляев, Леонов, Хрунов, Комаров, Горбатко, Воынов, Шонин. Остальные — Анিকেев, Бондаренко, Варламов, Заикин, Карташов, Нелюбов, Рафиков и Филатьев — несмотря на долгие месяцы упорного труда, так и не побывали в космосе. Это очень наглядное свидетельство того, сколь многотруден и тернист путь подготовки к космическому полету.

11 января 1960 г. было принято решение о создании Центра подготовки космонавтов.

Первоначально отряд космонавтов разместился в Москве в зданиях на территории Центрального аэродрома им. М. В. Фрунзе.

Для начала это было неплохо. Отряд космонавтов получил лабораторный корпус, подсобные помещения, жилье. Поблизости находилась Военно-воздушная академия им. Н. Е. Жуковского с отличными лабораториями и учебными классами, рядом — хорошо оборудованный спортивный комплекс Центрального спортивного клуба армии.

Начальный курс занятий включал медицинскую подготовку, изучение астрономии, навигации, динамики полета, пилотирование самолетов, многочисленные парашютные прыжки, которые очень способствовали выработке быстроты реакции и волевой закалке.

Для подготовки космонавтов была привлечена большая группа специалистов, главным образом авиационных.

А тем временем комиссия во главе с Каманиным подбирала место для строительства Центра подготовки. Задача эта была не из легких. Нельзя было удаляться далеко от Москвы — ведь здесь были институты Академии наук и другие организации, непосредственно связанные с созданием космической техники и будущими полетами, нужны были,

естественно, хорошие коммуникации — автомобильная и железная дороги, линии электропередачи и связи. И в то же время все понимали — место должно быть, как поется в песне, «вдали от шума городского», нужен чистый лесной воздух, благодатная природа, достаточная территория для будущего роста.

Все, кто побывал в Звездном, могут засвидетельствовать: место было выбрано очень удачно.

К северо-востоку от Москвы, примерно в 40 км от столицы и в нескольких километрах от станции Чкаловская, куда в начале июня 1960 г. переехали будущие космонавты и члены их семей, на довольно большой ровной площади, вплотную примыкающей к красивому сосново-березовому лесу, вырос чудесный город покорителей космоса.

На первых порах там стоял единственный небольшой двухэтажный дом.

Пока строились и оснащались первые корпуса Звездного, значительная часть занятий будущих космонавтов, изучение техники для космических полетов и многие тренировки проводились в институтах, конструкторских бюро и на заводах, куда выезжал отряд космонавтов.

Но и сам Центр подготовки очень быстро строился и оснащался. Появились первые стенды, заимствованные из практики подготовки летчиков. Появились вращающиеся кресла, качели Хилова, безопорные плоскости. Со временем заработала первая (малая) центрифуга, были созданы барокамера, сурдокамера.

Особенно напряженной была физическая подготовка. Бег, прыжки в воду, баскетбол, волейбол, футбол, постоянные тренировки на центрифуге, тяжелые тепловые нагрузки, малоприятные тренировки вестибулярного аппарата — всего не перечислить.

Большое внимание уделялось парашютным прыжкам. Они были дневными и ночными, обыкновенными и затяжными, на сушу и на воду. В короткий срок космонавты первого отряда совершили по несколько десятков парашютных прыжков каждый.

Учеба и тренировки были очень интенсивными.

Алексей Леонов вспоминает: «Мы изучали астрофизику, геофизику, медицину, космическую связь и многое узкоспециальное». По указанию Королева специалисты конструкторского бюро читали космонавтам специальные курсы по ракетной технике, динамике космического полета, конструкции корабля и его систем. Интересно, что наряду с видными учеными Тихонравовым, Раушенбахом, Бушуевым лекции читали молодые специалисты конструкторского бюро Феоктистов, Макаров, Елисеев, Севастьянов, впоследствии сами ставшие космонавтами.

После опыта первых полетов часть нагрузок и испытаний космонавтов «на прочность», как говорил Юрий Гагарин, нашли возможным уменьшить. Особую интенсивность всесторонних физических тренировок первых космонавтов легко понять: во время космического полета предстояла во многом встреча с неизведанным. А то, что было известно из авиационного опыта, предупреждало: трудностей в полете предстоит немало.

Взять хотя бы те значительные перегрузки, которые возникают при старте космического корабля, а также во время его торможения при возвращении на Землю. Иногда большие перегрузки связывают с огромны-

ми скоростями космических кораблей и реактивных самолетов. Но эта связь лишь косвенная. Непосредственного влияния на человека движение с постоянной прямолинейной скоростью не оказывает, как бы она ни была велика. Достаточно вспомнить, что все мы вместе с Землей с чудовищной скоростью (108 000 км/ч) несемся вокруг Солнца, но никак не ощущаем этого. Радиус орбиты Земли настолько велик, что движение нашей планеты весьма близко к прямолинейному.

Другое дело старт, разгон до высокой скорости или торможение. Именно изменение скорости — ускорение (замедление движения есть не что иное, как отрицательное ускорение) — связано с перегрузками и оказывает значительное влияние на организм человека. Со скоростью 900 км/ч мчит нас Ил-62, но если не смотреть в окно на пестрый ковер Земли или белое море облаков под самолетом, то совсем не замечаешь движения. Но вот самолет стал резко сбавлять скорость перед посадкой, и сразу же неведомая сила стремится вытеснить вас из кресла. Впрочем, не обязательно лететь на самолете, чтобы ощутить воздействие ускорения. Стоит водителю автобуса резко затормозить машину перед красным огоньком светофора или неосторожным пешеходом, как пассажиров бросает вперед.

Такое ускорение, когда изменяется скорость прямолинейного движения, называется линейным. При изменении направления движения возникают центробежные ускорения — их мы ощущаем, например, катаясь на карусели или во время езды на автомобиле по дороге с крутыми поворотами.

Скорость измеряется длиной пути, пройденного за единицу времени, например в метрах за секунду. А ускорение — это отношение изменения скорости к промежутку времени, в течение которого оно произошло.

Ускорение удобно выражать в сравнении с ускорением свободно падающего тела — g (от латинского слова *gravitas* — тяжесть). Ускорение свободного падения испытывают все тела на Земле вследствие ее притяжения. Значение этого ускорения зависит от географической широты места и высоты над уровнем моря. На экваторе оно меньше, на полюсах — больше. В условиях земной поверхности его принимают в среднем равным $9,81 \text{ м/с}^2$.

С ростом скоростей в авиации и появлением ракет резко возросли и ускорения, которые воздействуют на летательные аппараты и летчиков при взлете, посадке и изменении направления полета.

Наиболее общее определение перегрузки (хотя и неисчерпывающее) дал К. Э. Циолковский, назвав ее относительной или кажущейся тяжестью.

Перегрузка показывает напряжение в «системе материальных точек» (термин теоретической механики), на которую действуют внешние поверхностные силы. Так как перегрузка есть отношение равнодействующей этих сил к весу системы, то она как бы показывает, во сколько раз стала тяжелее вся система, хотя масса ее, конечно, не изменяется. Перегрузка направлена в сторону, противоположную ускорению.

Влияние перегрузки на организм зависит главным образом от ее величины, времени действия и направления, т. е. от положения организма

по отношению к действующей силе. Значительные перегрузки довольно сильно воздействуют на организм, а при некоторых критических значениях приводят к тяжелым последствиям. Летчик-истребитель А. И. Покрышкин, вспоминая об одном из воздушных боев во время Великой Отечественной войны, писал: «Тут со мной произошла досадная неприятность. Слишком резко переломив машину из-за опасности прямого столкновения с зажженным «мессером», я от большой перегрузки на какое-то мгновение потерял сознание».

При перегрузке тело человека как бы утяжеляется, каждое движение требует больших усилий. Дело в том, что организм человека состоит из разнородных тканей, в нем есть полости, по упругим сосудам пульсирует кровь. Под воздействием ускорения внутренние органы начинают смещаться, кровь приливает к ногам или голове (в зависимости от направления ускорения). При ускорении 14—15 *g* кровь становится как бы тяжелее ртути и сердце с трудом проталкивает ее по сосудам.

Обычно различают четыре направления воздействия перегрузок на человека: голова — таз, таз — голова, грудь — спина и спина — грудь. Если перегрузка действует в направлении «голова — таз», все наши внутренние органы, которые не закреплены «жестко», стремятся опуститься как можно ниже, насколько позволяет строение организма, кровь тоже устремляется вниз — от головы, сердца и легких к органам брюшной полости и ногам, лицо втягивается, как бы худеет, а объем голени, наоборот, намного увеличивается. Мозг обескровливается. Человек теряет сознание. Действие перегрузок от ног к голове вызывает прилив крови к верхней части тела, кровотечение из носа, кровоизлияние в сосудах глаз. Наиболее безболезненно переносятся перегрузки, действующие поперек человеческого тела, однако и они при большом ускорении или продолжительном воздействии вызывают серьезные нарушения жизнедеятельности организма.

Как показали опыты, при обычном положении в кресле самолета тренированные летчики удовлетворительно переносят в течение 1—2 с семи-восьмикратные перегрузки; до пятикратных — в течение 10—15 с. Мгновенные, так называемые ударные перегрузки, которые длятся не более 1/10 с, переносятся даже, когда они достигают 20 единиц. Человек в этот момент как бы весит 15 кН! А когда перегрузки действуют в направлении «грудь — спина», можно выдержать мгновенное действие ускорений 40 *g*!

Не так уж непрочен человек, как может показаться на первый взгляд! Речь идет, конечно, о физически всесторонне развитых людях с отличным здоровьем, специально тренированных.

К началу тренировок первого отряда космонавтов почти ничего не было известно достоверно о том, как поведет себя организм человека в состоянии невесомости. Правда, в повседневной жизни нам приходится сталкиваться не только с перегрузками, но и с уменьшением веса нашего тела. Оно ощущается, например, при опускании в лифте. Состояние невесомости испытывают летчики самолета, делающего «горку». Но эти короткие мгновения не позволяют сделать каких-либо серьезных выводов. Ведь при космических полетах состояние невесомости продолжается длительное время — почти столько, сколько длится весь полет.

Серьезно беспокоились перед полетами не только физиологи, но и психологи. Как перенесет космонавт даже и для летчика совершенно необычный старт в корабле, находящемся на острие могучей ракеты? Как освоится он с ни с чем не сравнимой обстановкой космического полета? И поэтому вновь и вновь обследовалось здоровье будущих космонавтов, а тренировки следовали за тренировками.

Однако, как бы ни была важна медико-биологическая подготовка, кроме нее и изучения общетеоретических дисциплин, необходимо было досконально изучить технику, с которой предстояло работать в полете. Сейчас Центр подготовки космонавтов оснащен большим количеством специализированных и комплексных тренажеров, макетов, натуральных аппаратов и систем. О них речь впереди. Но на первых порах, когда Центр еще только создавался, космонавты изучали отдельные разрозненные приборы, вынуждены были довольствоваться схемами, чертежами, описаниями.

Но уже в конце лета 1960 г., когда в конструкторском бюро С. П. Королева космический корабль стали снаряжать всевозможными системами и приборами, космонавты во время посещения ОКБ получили возможность более подробно и комплексно изучать свой летательный аппарат — первый в мире космический корабль «Восток».

Юрий Гагарин писал, что впервые увидел этот корабль за 9 месяцев до полета.

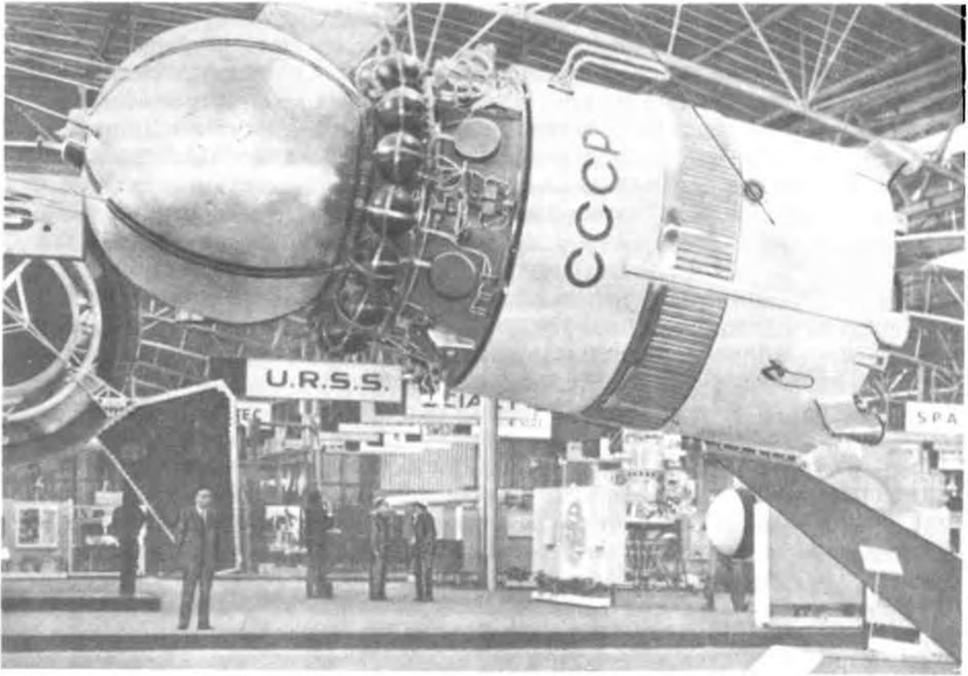
В ОКБ С. П. Королева был создан корабль-тренажер, на котором занятия с космонавтами проводил летчик-испытатель, Герой Советского Союза М. Л. Галлай.

Однако готовить интенсивно в тех условиях весь отряд космонавтов было сложно. С. П. Королев и Н. П. Каманин решили разделить отряд на две группы. В первую группу, которая должна была готовиться ускоренно для первых полетов, было решено выделить 6 космонавтов. При отборе в первую группу учитывались прежде всего физическая подготовка, результаты нагрузочных проб, усвоение теоретических знаний, черты характера. Первоначально в эту группу вошли Юрий Гагарин, Герман Титов, Андриян Николаев, Павел Попович, Анатолий Карташов и Валентин Варламов. Впоследствии по медицинским показаниям был отчислен Карташов и из-за травмы, полученной во время купания в озере, Варламов. Вместо них ввели Валерия Быковского и Григория Нелюбова.

Первая, «гагаринская» группа космонавтов была, образно говоря, разведывательным авангардом отряда космонавтов. Они не только первыми штурмовали космос, но и были первыми людьми, на которых и при активном участии которых отрабатывались методы подготовки к космическим полетам.

В первое время для подготовки к космическим полетам использовались стенды, обычные для тренировки летчиков: ротор, качающаяся платформа, бегущая дорожка, ортокинетический барабан. Была лишь несколько усовершенствована методика работы применительно к подготовке космонавтов.

Они самым тщательным образом изучали конструкции катапультируемых кресел, первых скафандров, парашютных систем, катапультировались на учебной катапульте, прыгали с парашютом. Напомним, что



Первый в истории человечества пилотируемый космический корабль-спутник «Восток»

в первых полетах космонавты при приближении корабля «Восток» к Земле катапультировались и спускались на парашюте отдельно от корабля.

Космонавты первой группы настойчиво изучали конструкцию корабля «Восток» и его систем. Они не только еще и еще раз знакомились с системами индикации, сигнализации и ручного управления «Востока», но и сами принимали участие в разработке наиболее удобных ручек и рычагов управления. Традиция участия самих космонавтов в совершенствовании систем космических летательных аппаратов впоследствии получила большое развитие.

Корабль «Восток» состоял из двух частей: шаровидного возвращаемого на Землю аппарата — кабины космонавта — и состыкованного с ним приборно-агрегатного отсека. Их соединяли четыре стальных металлических ленты, «запертые» пиротехническим замком. При возврате на Землю, перед входом в атмосферу, пиротехника разрывала ленты. Снабженный теплозащитой спускаемый аппарат возвращался на Землю, а приборно-агрегатный отсек сгорал в атмосфере. Вся масса корабля составляла 4,73 т. В приборно-агрегатном отсеке были смонтированы источники электропитания, аппаратура систем телеметрии, связи и другие служебные системы, тормозная двигательная установка и баки с топливом для нее.

Спускаемый аппарат (2,4 т) представлял собой шар диаметром 2,3 м с жаропрочными иллюминаторами. Внутри находилось катапульти-

руемое кресло для космонавта, одетого в скафандр. В кресле размещались системы вентиляции скафандра, парашютные системы, аварийный запас на случай приземления в незапланированном районе.

Справа от кресла космонавта — рукоятка управления кораблем, контейнер с пищей в тубах, телекамера бокового обзора, блоки энергопитания, аппаратура системы регенерации воздуха, радиоприемник, система сбора отходов жизнедеятельности.

Слева от кресла — пульт управления кораблем, запас питьевой воды, аварийная система терморегулирования, магнитофон, пеленгатор системы приземления.

«Восток» был полностью автоматизированным кораблем, но мог управляться и космонавтом. На иллюминаторе, который находился прямо перед креслом космонавта, было установлено оптическое устройство «Взор», которое помогало ориентировать корабль-спутник при ручном управлении. Система ручного управления включала также гироскопические датчики, логические устройства и реактивные микродвигатели, работавшие на сжатом газе.

К началу 1961 г. в одном из подмосковных институтов был создан стенд, позволяющий отработать строго по времени все этапы предстоящего космического полета от старта до приземления. Он получил обозначение ТДК-1 («тренажер для космонавтов — 1»). Это был прототип современного комплексного тренажера — одного из главных средств подготовки космонавта к конкретному космическому полету.

Космонавты часто выезжали на завод «Звезда», где индивидуально для каждого из них изготавливались катапультируемые кресла корабля «Восток» и скафандры. Здесь шли примерка и подгонка скафандров, кресел, привязной системы парашюта, снаряжения.

Н. П. Каманин вспоминал, как 15 мая 1960 г. он присутствовал на космодроме Байконур при запуске ракеты-носителя с первым космическим кораблем «Восток», в котором масса груза была равна массе человека.

На этом корабле не было еще теплозащитной обмотки, системы катапультирования, парашютной системы. Их еще «доводили» специалисты. Возвращение этого корабля на Землю не предусматривалось. Это был технологический пуск для отработки разных систем ракетно-космического комплекса. Впоследствии для всесторонних испытаний было запущено еще несколько беспилотных кораблей-спутников типа «Восток». При возвращении на Землю с них катапультировались и спускались на Землю контейнеры с животными-разведчиками — собаками Белкой, Стрелкой, Чернушкой и Звездочкой.

В этих полетах проводился широкий комплекс физиологических исследований. У собак в полете снималась электрокардиограмма, регистрировались биотоки, частота дыхания, изменение объема сонной артерии, температура тела, тоны сердца, двигательная активность. Телевизионная аппаратура передавала на Землю изображение животных-космонавтов. Все это позволило лучше отработать системы жизнеобеспечения человека в космическом полете, обеспечить его безопасность.

Зимой 1960—1961 гг. космонавты «гагаринской» группы тренировались уже на заводе в реальном корабле «Восток». Здесь было немало встреч с С. П. Королевым.

17 и 18 января 1961 г. первая группа космонавтов предстала перед авторитетной комиссией. Состоялся первый в истории экзамен на профессию космонавта. Проверялись знание корабля «Восток», умение управлять им, способность принять нужное решение при выходе из строя той или иной системы корабля.

Экзамен проводился на макете корабля «Восток», на который с помощью вычислительной машины задавалась временная программа полета.

Решение комиссии было единодушным: вся группа показала хорошие знания и может быть допущена к выполнению обязанностей космонавтов.

В марте группа космонавтов во главе с Каманиным прилетела на космодром Байконур. Это был последний этап их подготовки к первому космическому старту. Их подробно ознакомили с научно-техническим комплексом космодрома. 25 марта в присутствии космонавтов был запущен последний беспилотный аналог корабля «Восток» с манекеном в кресле космонавта и собакой Дымкой (переименованной Гагариным в Звездочку) на борту.

Старт ракеты-носителя с космическим кораблем произвел огромное впечатление на будущих космонавтов. Каждый из них во время запуска исполнял определенные обязанности, и это тоже стало традицией: сейчас во время космических полетов многие космонавты работают в Центре управления полетом, в экипажах поддержки, где на аналогах космического аппарата, находящегося в полете, проигрываются ситуации, возникшие на борту, и выдаются соответствующие рекомендации на орбиту.

Все было готово к полету в космос человека, и вот решение о полете принято. Перед отлетом на космодром космонавты побывали на Красной площади.

5 апреля 1961 г. «гагаринская» группа во главе с Каманиным и начальником Центра подготовки космонавтов Карповым вместе с методистами, врачами, кинооператорами вылетела на космодром. А космонавты второй группы разъехались на измерительные пункты связи и управления полетом, находившиеся в разных районах страны.

На космодроме в оставшиеся до старта дни продолжалась усиленная подготовка космонавтов. В одной из комнат монтажно-испытательного корпуса были установлены приборная доска и пульт управления корабля «Восток». Контрольно-проверочная аппаратура задавала временную программу полета, а Юрий Гагарин и Герман Титов, которые были назначены кандидатами на первый полет, производили все необходимые операции по ручной ориентации корабля, включение тормозной двигательной установки и контроля программы спуска с орбиты по расположенному на приборной доске индикатору спуска. Они поддерживали связь с Павлом Поповичем, который находился в другом здании и имитировал наземный пункт управления и связи.

Космонавты обживали корабль, привыкали к своему рабочему месту в космосе. Они присутствовали на заключительных проверках и испытаниях ракеты-носителя и космического корабля в монтажно-испытательном корпусе, участвовали в окончательном согласовании содержимого аварийного запаса на случай вынужденной посадки. В последние предполетные



Первый космонавт планеты Юрий Алексеевич Гагарин

месяцы мнение почти всех, кто имел отношение к подготовке космонавтов, мнение большинства самих космонавтов, мнение Королева все больше склонялись к тому, что первым должен быть Гагарин. И дело здесь было не в результатах подготовки. Вся первая группа успешно завершила подготовку и была готова к полету. Скорее всего главными были чисто человеческие качества Гагарина: ум, обаяние, принципиальность, гражданская зрелость, доброта, высокое чувство товарищества.

8 апреля на космодроме заседала Государственная комиссия. Она утвердила полетное задание, установила дату и точное время старта и утвердила командиром космического корабля «Восток» Юрия Гагарина, а его дублером Германа Титова.

11 апреля занятия по активному участку полета провел с космонавтами Константин Феоктистов, специалист из конструкторского бюро Королева, впоследствии ставший космонавтом. Гагарин и Титов провели заключи-



Ю. А. Гагарин за несколько минут до старта

→
Старт ракеты-носителя с кораблем «Восток»

тельные тренировки по ручному управлению кораблем, с ними долго беседовал С. П. Королев. После этого врачи поместили Гагарина и Титова в отдельный домик (известный теперь как «домик Гагарина»). Здесь они отдыхали, пробовали космическую пищу из туб и, невзирая на предстоящий полет, отлично выспались перед стартом.

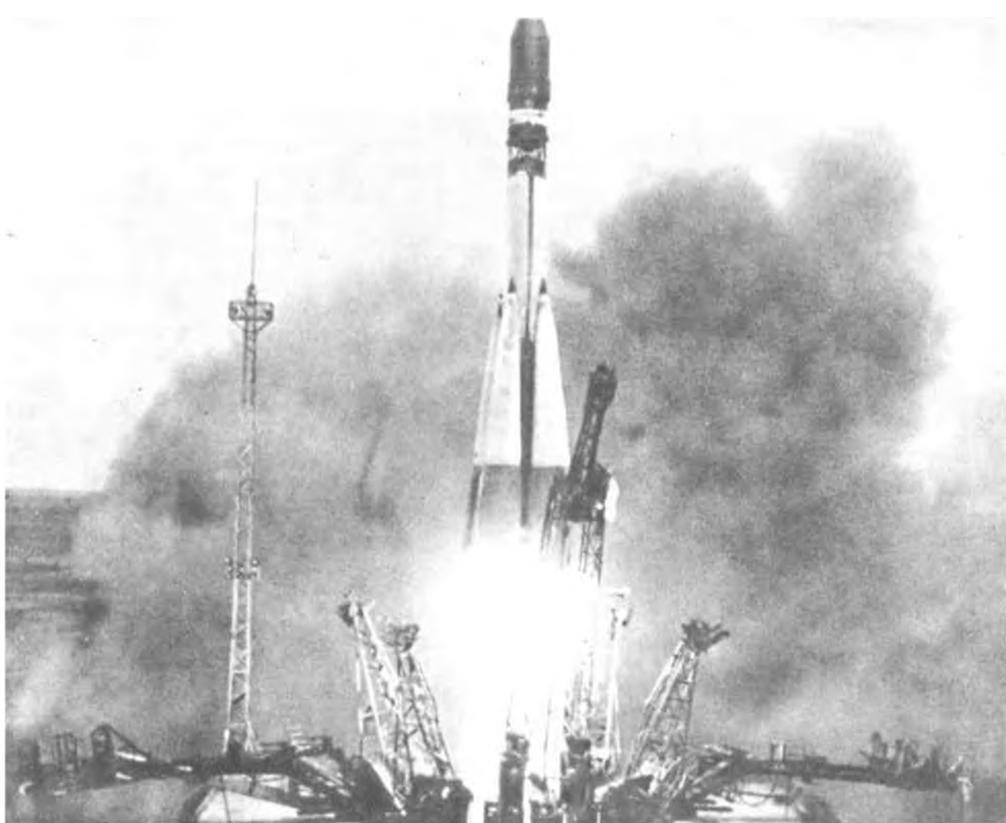
А в 9 ч 07 мин 12 апреля 1961 г. начались 108 мин первого космического полета — стартовала ракета-носитель с кораблем «Восток», который пилотировал первый космонавт планеты Юрий Гагарин.

Это было началом проникновения человека в космос. И теперь, через тридцать лет после того удивительного, необыкновенного весеннего дня — 12 апреля 1961 г. — радостное волнение наполняет сердца, когда вспоминаешь торжественные слова сообщения об этом полете, светлую гагаринскую улыбку на первых полосах газет, ликующие толпы народа на улицах Москвы.

«Он всех нас позвал в космос», — сказал о Гагарине американский космонавт Нил Армстронг — человек, впервые ступивший на поверхность Луны.

Быстро идет время. Создаются все новые, все более совершенные космические корабли и ракеты-носители. Не за горами и то время, когда люди выполнят мечту Гагарина — «...попасть на Марс и самому убедиться, есть ли на нем каналы».

И никогда не забудет благодарное человечество Юрия Гагарина — первого космонавта Земли.



Для следующего полета был намечен Герман Титов, а его дублером стал Андриян Николаев. Они уже тренировались на специально созданном для Центра подготовки и доставленном в Звездный тренажере корабля «Восток» — ТДК-2. Он включал кабину космонавта с необходимыми приборами, имитатор визуального наблюдения для имитации движущейся Земли и звездного неба, пульт инструктора, откуда велась связь с космонавтом и управление тренировкой, вычислительную машину, которая задавала временную программу проигрывавшегося полета. ЭВМ в комплекте с электромеханическим имитатором внешней среды позволяли прорабатывать все элементы космического полета — выведение, полет по орбите и посадку.

Занимаясь на тренажере «Восток», космонавты отработывали навыки ручной ориентации корабля, ведение радиосвязи, контроль работы систем, предстоящие в космосе эксперименты. Они обживали кабину корабля, изучали нормальные показания приборов и их возможные отклонения, обучались действиям в аварийных ситуациях — при разгерметизации, изменении химического состава воздуха, температуры, отказе радиосвязи и выходе из строя других систем. На заключительном этапе подготовки проводились комплексные тренировки в полном масштабе времени при действующих системах жизнеобеспечения, в соответствии с полетным заданием. Обязательно прорабатывалась и посадка вручную.

На тренажере ТДК-2 было проведено около 150 тренировок и наработано более тысячи часов.

Первая женщина-космонавт В. В. Терешкова



С. П. Королев с женой и группой первых космонавтов

Подготовка первых космонавтов многому научила и самих учителей — руководителей подготовки, инструкторов, методистов, врачей.

Не все из первой двадцатки кандидатов в космонавты выдержали огромное напряжение подготовки к полетам. Восемь человек не достигли космических вершин. Как писал в своих воспоминаниях космонавт Георгий Шонин, «...у одних не выдержали нервы, других подвело здоровье...».

В начале августа 1961 г. успешно провел суточный полет по околоземной орбите Герман Титов.

Был получен очень важный материал о воздействии факторов космического полета на человека в течение суточного цикла жизнедеятельности. Герман Титов выполнил метеорологические и геофизические наблюдения, впервые вел киносъемку, управлял кораблем. Он работал, отдыхал, принимал пищу, спал.

Через год групповой полет на кораблях «Восток-3» и «Восток-4» совершили Павел Попович и Андриян Николаев.

А в июне 1963 г. около 5 сут провел в невесомости на борту «Востока-5» Валерий Быковский, и 48 раз облетела вокруг Земли «Чайка» — первая в мире женщина-космонавт Валентина Терешкова.

Так завершилась программа «Восток». Она сыграла огромную роль в подготовке к дальнейшим, все более весомым шагам в освоении космоса. Это было первым этапом испытаний космических кораблей для полетов по околоземным орбитам. Полученные данные показали, что космонавты могут в полете успешно управлять системами корабля, вести систематическую радиосвязь, выполнять научные эксперименты.

Первые пилотируемые полеты в космос сыграли огромную роль не



только в развитии ракетно-космической техники, но и в совершенствовании подготовки космонавтов. Итоги и уроки этих полетов рассматривались на специальной научной конференции в Центре подготовки космонавтов.

Около 16 сут налетали на кораблях «Восток» шесть советских космонавтов. Космонавтика развивалась очень быстро. В повестку дня встали новые, более длительные полеты на новых космических кораблях.

После «Востоков» в Советском Союзе вышли на околоземные орбиты корабли «Восход».

Новый корабль отличался от кораблей «Восток». Корабль этот летал в трех- и двухместном вариантах. Масса корабля-спутника «Восход» составляла 5320 кг. Он имел резервную двигательную установку, был снабжен системой мягкой посадки, оснащен новыми приборами, имел дополнительную систему ориентации с ионными датчиками, усовершенствованную телевизионную и радиотехническую аппаратуру. На «Восходе» впервые стартовали в космос летчик, ученый и врач — Владимир Комаров, Константин Феоктистов и Борис Егоров.

Космический корабль «Восход-2» имел шлюзовой отсек и оборудование для выхода человека в открытый космос. Именно на этом корабле-спутнике, которым командовал летчик-космонавт Павел Беляев, совершил замечательный подвиг Алексей Леонов. 18 марта 1965 г. в 11 ч 30 мин в специальном скафандре с автономной системой жизнеобеспечения он вышел из корабля в открытое космическое пространство.

Впервые в истории человек оказался лицом к лицу со Вселенной.

Встреча и стыковка в небе

Два корабля, встречаясь на океанских просторах, приветствуют друг друга гудками. Приятно сознавать, что твое судно не единственная песчинка в океане. Намного больше радость космонавтов от встречи в безбрежном океане космоса с другими посланцами родного острова — планеты Земля. Но есть, конечно, другие, более насущные нужды, которые заставляли ученых и конструкторов усиленно работать над проблемой встречи космических кораблей в полете и установления непосредственного контакта между ними.

Еще в первые десятилетия XX в. К. Э. Циолковский, американский ученый Роберт Годдард и другие ученые видели гигантские энергетические трудности, которые стоят на пути межпланетных полетов. Применение многоступенчатых ракет, предложенных Циолковским, дало возможность преодолеть первый рубеж, разорвать оковы земного притяжения. Отбрасывая использованные ступени, ракета освобождается от ставшего бесполезным груза. Благодаря этому нужно меньше топлива, чтобы сообщить космическому кораблю заданную скорость, значительно уменьшается стартовая масса ракеты. Но для полетов к другим планетам масса ракетного поезда должна быть намного большей, чем для выхода на орбиту вокруг Земли: нужно придать космическому кораблю большую скорость (так называемую вторую космическую). Следовательно, дольше должны работать двигатели, больше нужно топлива. Необходимо также значительное количество топлива для торможения корабля при посадке на другую планету и для взлета и разгона ракеты при возвращении с планеты-цели на родную Землю. Подсчеты показывают, что при прямом полете по маршруту Земля — Марс — Земля при массе полезной нагрузки всего в 1 т стартовая масса ракетной системы должна достигнуть астрономической цифры — 10 млн. т!

К. Э. Циолковский предложил гениальный выход — устройство промежуточных межпланетных станций. При старте к планете-цели не с поверхности Земли, а с находящегося на околоземной орбите тяжелого спутника космический корабль уже обладает скоростью около 8 км/с, и ему нужно добавить только 3—4 км/с. Выигрыш огромный. Правда, и космический корабль, и спутник-космодром с запасом топлива так или иначе надо сперва вывести на околоземную орбиту и, значит, разогнать до скорости около 8 км/с, но сделать это можно в два приема: отдельно вывести на орбиту тяжелый спутник с топливом и отдельно корабль, предназначенный для межпланетного полета. Это позволяет намного снизить требования к тяге ракетной системы и соответственно уменьшить ее стартовую массу.

Таким образом, применение ступенчатой ракеты дополняется «ступенчатостью» самого космического полета, который осуществляется в два или несколько этапов.

Здесь и становится необходимой встреча двух космических аппаратов в полете и установление непосредственного контакта между ними.

Сближение и встреча космических кораблей на орбите позволяет в будущем монтировать в космосе большие обитаемые станции массой в многие сотни тонн. Для монтажа таких станций придется многократно

осуществлять встречу мощных ракет-носителей, доставляющих на орбиту отдельные блоки, и специальных кораблей-буксиров, с помощью которых будет собираться станция.

Однако уже и на нынешнем этапе освоения космоса многократно появлялась необходимость встречи и стыковки в космосе: при создании первой экспериментальной орбитальной станции из космических кораблей «Союз-4» и «Союз-5», при полетах транспортных кораблей к долговременным орбитальным станциям — советской «Салют» и американской «Скайлэб» — для доставки на станцию и возвращения на Землю экипажей, при полете американских космических кораблей на Луну.

Регулярно стартуют к орбитальному комплексу «Мир» пилотируемые корабли «Союз Т» и грузовые «Прогрессы», выводятся на орбиту и стыкуются с «Миром» дополнительные модули — «Кванты», «Кристалл».

Встреча и соединение различных объектов в космосе — трудная задача. Многие читатели, наверно, слышали о заправке топливом в воздухе скоростных самолетов, что позволяет намного увеличить дальность их полета. Сейчас этот маневр довольно хорошо отработан в военной авиации разных стран. Однако встреча и контакт самолетов в воздухе и космических объектов на орбите весьма отличны друг от друга. И самое первое отличие — проблема сближения двух объектов. Самолеты, как известно, используя тягу непрерывно работающих двигателей и аэродинамические рули, по воле летчиков свободно маневрируют в воздушном океане во всех направлениях. Самолет может без особого труда даже развернуться и полететь в направлении, прямо противоположном первоначальному. При современных системах наведения им совсем не трудно приблизиться друг к другу. Трудности возникают только на втором этапе — при установлении непосредственного контакта в воздухе и перекачке топлива.

Двигатели космической ракетной системы, обладающие огромной мощностью, работают лишь очень короткое время. Они выводят космический корабль на ту или иную орбиту, а дальше он с чудовищной скоростью движется уже как небесное тело по законам небесной механики, следуя по определенной орбите. Аэродинамические рули тут помочь не могут. Даже на относительно невысоких орбитах высокая степень разрежения окружающей среды делает их совершенно бесполезными.

Для встречи в космосе прежде всего важно совместить плоскости орбит космических кораблей. Эти орбиты должны находиться в одной плоскости, как говорят специалисты, быть компланарными.

Однако для поворота плоскости орбиты спутника даже на небольшой угол нужен значительный импульс. Поэтому желательно, чтобы ракета-носитель сразу вывела космический корабль на орбиту, компланарную орбите спутника, с которым предстоит сблизиться. Это требует большой точности работы системы управления ракетой-носителем и очень жесткого выдерживания времени запуска.

30 октября 1967 г. впервые в истории была осуществлена автоматическая стыковка космических аппаратов — искусственных спутников Земли «Космос-186» и «Космос-188». 15 апреля 1968 г. этот успех был повторен — на орбите встретились и автоматически состыковались спутники «Космос-212» и «Космос-213».

При автоматической стыковке советских космических аппаратов спутник «Космос-212», выведенный на орбиту первым, на четвертом витке получил команду с Земли на включение программы коррекции. После коррекции с помощью двигательной установки орбита спутника «Космос-212» проходила к моменту старта «Космоса-213» над местом его запуска.

Итак, плоскости орбит кораблей совмещены. Теперь важно максимально сближать остальные параметры орбит. Конечно, чем меньше будет разница в высоте этих орбит, тем лучше. Затем корабль получает разгонный (если его орбита ниже орбиты спутника, с которым он встречается) или тормозной (если его орбита выше орбиты спутника) импульс от бортовых ракетных двигателей.

Впоследствии многократно проводилась стыковка советских, а также и американских пилотируемых космических аппаратов.

Сближение и стыковка космических кораблей состоят из трех этапов: взаимного поиска и сближения аппаратов, причаливания и собственно стыковки.

После выведения на орбиту второго космического аппарата следует этап дальнего наведения, осуществляемый с Земли, затем происходит взаимный поиск спутников с помощью радиосредств, измерение расстояния между ними и определение их относительных скоростей. Затем включаются двигатели, корректируя орбиту и скорость. Обычно маневры, необходимые для сближения, выполняет один аппарат, называемый активным. Второй аппарат, пассивный, не совершает эволюций на орбите, а лишь ориентируется в пространстве, разворачиваясь своим стыковочным узлом навстречу стыковочному узлу приближающегося аппарата. (Если маневрировать будут оба спутника, то это немного усложнит определение параметров их относительного движения.)

После сближения до расстояния в несколько сот метров вступают в действие двигатели малой тяги. Начинается процесс причаливания — расстояние между спутниками продолжает сокращаться, а их скорость относительно друг друга снижается до 10—20 см/с. Один из аппаратов оборудован приемным конусом, другой — штангой. Штанга входит в приемный конус, происходит стягивание и жесткое механическое соединение аппаратов, а также соединение их электрических цепей.

В морозные январские дни 1969 г. впервые в истории космонавтики встретились на орбите и соединились в одно целое, образовав экспериментальную космическую станцию, два пилотируемых космических корабля. Это были советские космические корабли «Союз-4» и «Союз-5». Космонавты Евгений Хрунов и Алексей Елисеев перешли с борта корабля «Союз-5» (командир корабля Борис Волынов) в корабль «Союз-4». Здесь они по-братски обнялись с Владимиром Шаталовым. Встреча людей в космосе стала реальностью.

8 От космических кораблей к орбитальным станциям

На орбите космические корабли

Для решения новых задач космической программы, предусматривающей широкие научные и технические исследования в околоземном космическом пространстве и создание обитаемых орбитальных станций, нужен был и новый космический корабль.

Корабли «Восток» и «Восход» выполняли ограниченный круг научно-технических задач, главным образом экспериментально-исследовательских. Новые космические корабли серии «Союз» были предназначены для относительно длительных полетов, маневрирования, сближения и стыковки на околоземных орбитах.

Космический корабль «Союз» — аппарат многоцелевого назначения. Он сочетает в себе как возможности пилотируемого космического аппарата для проведения научных исследований в околоземном пространстве, так и возможности транспортного корабля.

В апреле 1967 г. летчик-космонавт Владимир Комаров провел первые испытания пилотируемого корабля «Союз» в течение суточного полета по околоземной орбите и погиб при посадке, отдав свою жизнь во имя освоения космоса.

В 1968 г. Георгий Береговой на корабле «Союз-3» произвел маневрирование и двукратное сближение с беспилотным кораблем «Союз-2». Выполнение этих операций, испытание и отработка систем корабля были необходимыми шагами на пути к созданию орбитальных станций.

Именно по программе «Союз» в январе 1969 г. была создана и начала функционировать первая в мире экспериментальная космическая станция из кораблей «Союз-4» и «Союз-5», о которой мы упоминали в предыдущем разделе.

В октябре 1969 г. по программе «Союз» был произведен групповой полет трех космических кораблей — «Союз-6», «Союз-7» и «Союз-8» с семью космонавтами на борту. Уже сам факт запуска с одного космодрома с суточными интервалами трех космических кораблей подряд представлял собой значительное техническое достижение. Большое значение имел полученный в этом эксперименте опыт управления групповым полетом. Слаженно действовала целая система, состоявшая из трех космических кораблей, наземного командно-измерительного комплекса, группы научно-исследовательских судов и спутника связи «Молния-1». Космонавты и группы управления полетом взаимодействовали в этой системе с автоматизированными средствами обработки информации и управляющими устройствами. Во время полета было выполнено много маневров с использованием ручного управления. Большое значение имели наблюдения и исследования, которые проводились на орбите. Изучалась

Летчик-космонавт
В. М. Комаров, отдавший
свою жизнь во имя освое-
ния космоса



отражательная способность территорий, покрытых лесами, пустынь, водных пространств, ледовых полей, облачности. Снимались спектрометрические характеристики участков суши, представляющие интерес для геологов (такие характеристики вместе с результатами фотосъемок открывают перспективы обнаружения из космоса районов залегания полезных ископаемых). Выполнялись медико-биологические и другие исследования.

Уникальным был произведенный на борту «Союза-6» эксперимент по сварке в условиях космоса. Сварка производилась на специально сконструированной сварочной установке «Вулкан» — она позволяла проводить автоматическую сварку и имитировать работу ручным сварочным инструментом. Сварочный узел «Вулкана» был смонтирован в орбитальном отсеке, а пульт дистанционного управления находился в кабине корабля.

Орбитальный отсек был разгерметизирован, и сварка была выполнена тремя способами: сжатой дугой, электронным лучом и плавящимся электродом. Производилась сварка тонколистовой нержавеющей стали и титана, резка нержавеющей стали, титана и алюминия, обработка неметаллических материалов. Затем орбитальный отсек был вновь загерметизирован, космонавты демонтировали установку, перенесли образцы в спускаемый аппарат и впоследствии доставили их на Землю. Успешный эксперимент открыл перспективы для строительных и монтажных работ в космосе.

1 июня 1970 г. стартовал новый «Союз» — девятый. Этот полет дал неоценимый материал для дальнейшего развития космонавтики. Особенно ценными были медико-биологические исследования влияния факторов длительного космического полета на организм человека.



Старт ракеты-носителя
с космическим кораблем
«Союз»

Командир корабля А. Г. Николаев, совершивший свой второй космический рейс, и бортинженер В. И. Севастьянов установили тогда мировой рекорд длительности космического полета. Они работали на околоземной орбите 424 ч — около 18 сут. Программа полета была насыщена многими экспериментами по автономной навигации в космосе, опытами по использованию космических полетов для народного хозяйства и научными исследованиями околоземного космического пространства.

Полет А. Г. Николаева и В. И. Севастьянова показал, что невесомость — враг серьезный. Особенно это проявилось после возвращения на Землю. Стало ясно, что приспособление к нашим обычным земным условиям после длительного пребывания в невесомости протекает с определенными трудностями и требует значительного напряжения физиологических систем человека. Оказалось, что привыкнуть к невесомости легче, чем потом приспособиться к обычной земной гравитации.

Советский многоцелевой космический корабль «Союз» состоит из орбитального отсека со стыковочным агрегатом, спускаемого аппарата — кабины космонавтов — и приборно-агрегатного отсека.

Орбитальный отсек по форме представляет собой две полусферы, соединенные цилиндрической вставкой. В нем находится боковой входной люк, иллюминаторы, нижний люк для перехода в спускаемый аппарат. На верхней полусфере отсека — шпангоут, на котором установлен стыковочный агрегат, и люк для перехода в корабль, с которым стыкуется «Союз». На наружной поверхности орбитального отсека установлены большие и малые антенны радиосистем корабля, телекамеры и другое оборудование.

Орбитальный отсек служит космонавтам для проведения научных экспериментов, отдыха, физических упражнений. Он используется только

Космический корабль
«Союз» в полете



на орбите и поэтому не нуждается в особой тепловой защите, жаропрочных иллюминаторах. При спуске корабля на Землю этот отсек, как и приборно-агрегатный отсек, отделяется от спускаемого аппарата и сгорает в плотных слоях атмосферы.

Орбитальный отсек соединен со спускаемым аппаратом. В спускаемом аппарате космонавты находятся при выведении корабля на орбиту, при маневрировании на орбите; в нем, как об этом свидетельствует само название, экипаж возвращается на Землю. В кабине космонавтов расположены основные пульта управления кораблем.

Спускаемый аппарат имеет сегментально-коническую форму, напоминает фару. Такая форма при определенном расположении центра тяжести придает аппарату аэродинамическое качество — при полете в атмосфере возникает аэродинамическая подъемная сила, которая регулируется разворотом аппарата вокруг продольной оси. Это позволяет осуществить управляемый спуск — снизить перегрузки до 3—4 единиц и существенно повысить точность приземления.

На наружную поверхность спускаемого аппарата нанесено прочное теплозащитное покрытие; нижняя часть аппарата, которая рассекает воздух при спуске и сильнее всего подвержена аэродинамическому нагреву, закрыта особым теплозащитным экраном, который сбрасывается после раскрытия парашюта, чтобы облегчить кабину космонавтов перед

приземлением. При этом открываются прикрытые экраном пороховые двигатели мягкой посадки, которые включаются перед самым соприкосновением с Землей и смягчают толчок при посадке.

Спускаемый аппарат имеет два иллюминатора с жаропрочными стеклами, люк, ведущий в орбитальный отсек. Снаружи находится оптический визир, который облегчает космонавтам ориентацию и позволяет наблюдать за другим кораблем при причаливании и стыковке. В нижней части по окружности спускаемого аппарата расположены шесть двигателей системы управления спуском, которые используются при возвращении корабля на Землю. Эти двигатели помогают удерживать спускаемый аппарат в положении, позволяющем использовать его аэродинамическое качество.

В верхней части спускаемого аппарата находятся отсеки с основным и запасным парашютами.

Приборно-агрегатный отсек цилиндрической формы с небольшой конической «юбкой» пристыкован к спускаемому аппарату и предназначен для размещения большей части бортовой аппаратуры корабля и его двигательных установок.

Конструктивно отсек разделяется на три секции: переходную, приборную и агрегатную. Приборная секция представляет собой герметический цилиндр. В нем находятся радиосвязная и радиотелеметрическая аппаратура, приборы системы ориентации и управления движением, некоторые агрегаты систем терморегулирования и электропитания.

Две другие секции не загерметизированы.

На приборно-агрегатном отсеке установлена основная двигательная установка корабля, которая используется для маневрирования на орбите и торможения при спуске. Она состоит из основного однокамерного двигателя и дублирующего двигателя, топливных баков и системы подачи топлива.

Система двигателей малой тяги состоит из 14 двигателей причаливания и ориентации и из 8 двигателей для точной ориентации. В приборно-агрегатном отсеке находятся также гидроагрегаты системы терморегулирования, баки с топливом, шаровые баллоны системы наддува исполнительных органов, аккумуляторы системы электропитания. Источником обеспечения корабля электроэнергией служат также солнечные батареи. Две панели этих батарей полезной площадью около 9 м² закреплены снаружи на приборно-агрегатном отсеке. На кромках батарей — бортовые огни красного, зеленого и белого цветов, которые помогают ориентироваться при причаливании и стыковке кораблей.

Снаружи установлен и ребристый радиатор-излучатель системы терморегулирования, который позволяет отвести в космос избыточное тепло корабля.

На приборно-агрегатном отсеке много антенн — радиотелефонной связи корабля с Землей на коротких и ультракоротких волнах, радиотелеметрической системы, траекторных измерений — и датчиков системы ориентации и управления движением.

В 1979 г. в Советском Союзе на базе корабля «Союз» была создана новая модификация космического корабля — «Союз Т». Это трехместный транспортный корабль одноразового применения для обслуживания орбиталь-

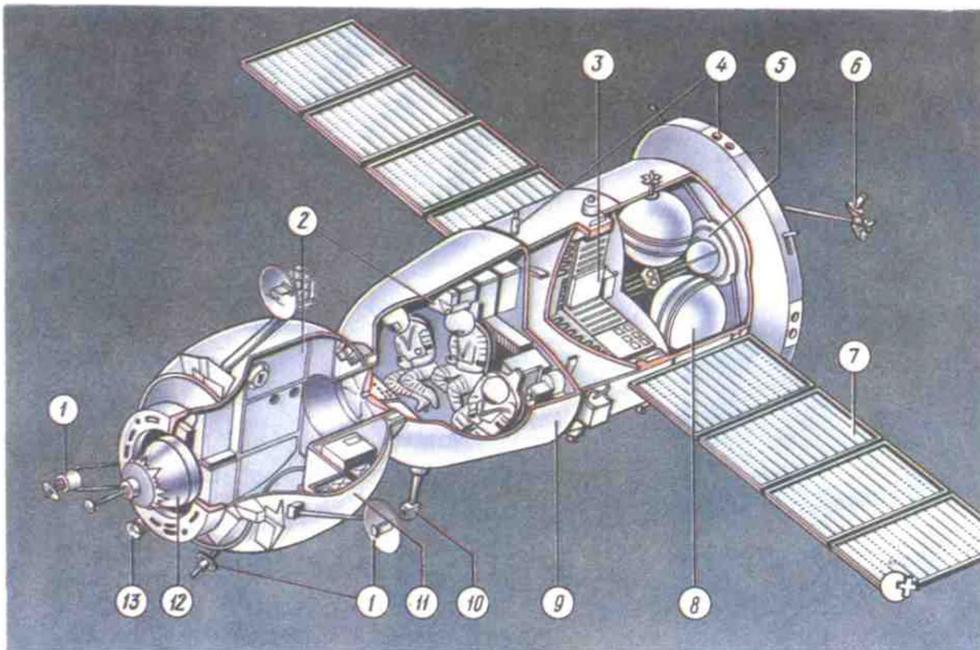


Схема космического транспортного корабля «Союз ТМ» (1 — антенны аппаратуры сближения; 2 — транспортный полезный груз; 3 — аппарата орбитального полета; 4 — двигатели причаливания и ориентации, 5 — сближающе-корректирующий двигатель; 6 — антенны аппаратуры сближения; 7 — солнечные батареи; 8 — приборно-агрегатный отсек; 9 — спускаемый аппарат; 10 — оптический ориентатор; 11 — бытовой отсек; 12 — стыковочный агрегат; 13 — внешняя камера)

ным вычислительным комплексом для решения всех динамических проблем. Компоновка корабля, состав его отсеков и их функциональное назначение — такие же, как и у базового «Союза». Однако у этого корабля немало и новшеств. Весьма существенно то, что он оборудован универсальным вычислительным комплексом для решения всех динамических полетных задач. Все режимы ориентации корабля могут выполняться как автоматически, так и при участии экипажа. Система автоматически контролирует расход топлива и может сама изменять режим работы.

Маршевый двигатель сближающе-корректирующей установки тягой 3,1 кН, 14 двигателей причаливания и ориентации тягой по 137 Н и 12 микродвигателей тягой по 24,5 Н работают на одном и том же топливе и получают его компоненты из общих баков. Это обеспечивает оптимальное использование его запасов, что особенно важно при нештатных ситуациях.

Для электропитания корабля установлены новые улучшенные солнечные батареи. Спускаемый аппарат «Союза Т» снабжен усовершенствованными парашютными системами и шестью ракетными двигателями мягкой посадки с повышенной энергетикой.

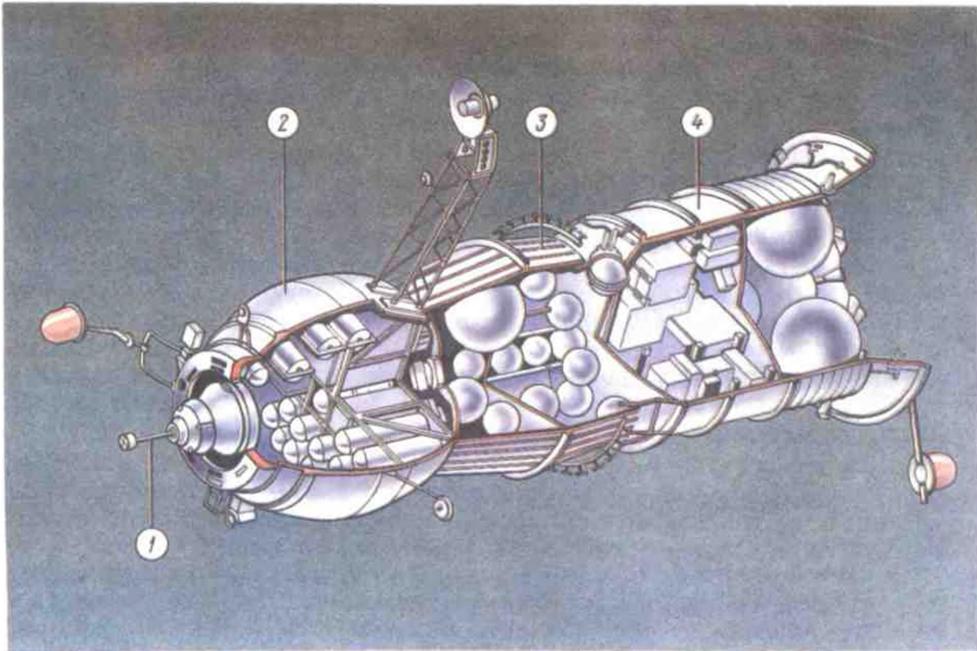


Схема грузового космического корабля «Прогресс» (1 — стыковочный агрегат; 2 — грузовой отсек; 3 — отсек компонентов дозаправки; 4 — приборно-агрегатный отсек)

Значительно усовершенствована система аварийного спасения — САС, предназначенная для спасения космонавтов на участке выведения в случае неполадок с ракетой-носителем. Эта система, установленная на обтекателе, которым космический корабль закрыт на атмосферном участке выведения на орбиту, оснащена новыми твердотопливными ракетными двигателями и новой автоматикой.

На корабле «Союз Т» установлены усовершенствованные командно-программная радиоприемная и радиотелеметрическая системы, а также новая телевизионная система с лучшим качеством изображения.

На базе «Союза» создан еще один космический аппарат, обеспечивающий функционирование долговременных орбитальных станций, — это «Прогресс». Так назван одноразовый автоматический грузовой транспортный космический корабль. Его масса после заправки и загрузки — немного более 7 т. Его задача — доставить на орбитальную станцию необходимые материалы и оборудование, топливо, воду, продовольствие, почту; возвращение корабля на Землю не предусматривается. После выполнения своей функции он отстыковывается от орбитальной станции, соответствующим образом ориентируется, включается тормозной двигатель, аппарат входит в плотные слои атмосферы над расчетным районом Тихого океана и прекращает существование.

«Прогресс» состоит из 3 отсеков — грузового, отсека компонентов дозаправки и приборно-агрегатного отсека. Грузовой отсек имеет

стыковочный агрегат и люк-лаз, через который космонавты разгружают пристыковавшийся к станции корабль. На стыковочном агрегате смонтированы два автоматических герметичных гидроразъема, которые соединяются с соответствующими гидроразъемами стыковочного узла станции для перекачки компонентов топлива.

Для выведения «Прогресса» на орбиту используется трехступенчатая ракета-носитель «Союз».

Пилотируемые грузовые корабли постоянно совершенствуются. С 1987 г. космонавты доставляются на орбитальные станции и возвращаются на Землю на модифицированном корабле «Союз ТМ». Модифицирован и грузовой «Прогресс».

Как мы уже сказали, космические корабли стали в основном транспортным средством для доставки людей и грузов на околоземные орбиты. Эффективным средством решения многих актуальных научных и практических народнохозяйственных задач в настоящее время служат долговременные орбитальные станции.

Орбитальные станции в космосе

Большие размеры и значительная масса орбитальных станций позволяют оснастить их многочисленными приборами и аппаратами, гораздо более тяжелыми, чем на космических кораблях. На орбитальных станциях созданы условия труда и отдыха, более близкие к земным, обеспечен относительно высокий комфорт. Все это позволяет экипажам длительное время находиться в космосе, перейти от решения частных научных и технических задач к комплексным научным исследованиям Солнца, звезд, верхних слоев атмосферы, ближнего космоса, вести систематическое и эффективное исследование природных ресурсов Земли.

Орбитальные станции играют большую роль в дальнейшем развитии самих космических полетов. Они дают возможность провести в космических условиях долгосрочные испытания всевозможных материалов, агрегатов, оборудования для дальних межпланетных перелетов, лучше изучить влияние длительного пребывания в космосе на организм человека. Станция на орбите — незаменимый тренажер для экипажей, которые будут готовиться к межпланетным полетам.

Первая в истории нашей планеты долговременная орбитальная станция «Салют» была выведена на околоземную орбиту уже 19 апреля 1971 г.

Станции «Салют» первого поколения были сложным инженерным сооружением значительных размеров. Длина 16 м (вместе с состыкованным с нею транспортным кораблем «Союз» — 23 м), максимальный диаметр 4,15 м.

Станция «Салют» состояла из двух герметичных отсеков — переходного и рабочего — и одного негерметичного — агрегатного. Переходный отсек представлял собой цилиндр длиной 3 м и диаметром 2 м. В его передней части находится стыковочный агрегат, который соединяет станцию с причалившим транспортным кораблем. С противоположной стороны — люк для перехода в рабочий отсек.

В переходном отсеке были размещены внутренние блоки звездного телескопа «Орион», фотокамеры, блоки для биологических экспериментов. На наружной поверхности переходного отсека находились панели солнечных батарей, наружные блоки «Ориона», антенны, датчики системы ориентации и т. д.

Основной рабочий отсек станции «Салют» состоял из двух цилиндров, соединенных конической частью. Длина меньшего цилиндра около 4 м, а его диаметр 2,9 м. Длина зоны, образуемой большим цилиндром, более 4 м, а ее диаметр 4,15 м.

В зоне малого диаметра — место для досуга экипажа. В рабочем отсеке станции — кресла космонавтов, пульта управления бортовыми системами, многочисленные иллюминаторы, большое количество научной аппаратуры, теле- и кинокамеры, средства астронавигации и ориентации.

В рабочем отсеке находится также ряд специализированных постов, предназначенных для научных исследований.

Система ориентации и управления движением станции предназначена для автоматической и ручной ориентации станции, ее стабилизации, управления процессами сближения и стыковки с транспортным кораблем. Эта система включает многочисленные датчики, гироскопы, радиолокаторы и др. Космонавты широко пользуются ею для ориентации станции по отношению к Земле, Солнцу, Луне, различным звездам.

Многочисленная научная аппаратура «Салюта», радиосистемы, системы жизнеобеспечения, системы ориентации и управления потребляли значительное количество электроэнергии. На орбитальных станциях «Салют» основным источником электрической энергии являются солнечные батареи. Первая станция «Салют» имела 4 панели солнечных батарей: 2 были установлены на внешней поверхности переходного отсека и 2 — на внешней поверхности агрегатного отсека. Кроме того, после стыковки транспортного корабля со станцией их системы электроснабжения объединяются, и солнечные батареи «Союза» также подают электроэнергию в электросеть станции.

6 июня 1971 г. транспортный корабль «Союз-11» причалил к борту «Салюта» и высадил на станцию экипаж в составе командира Г. Т. Добровольского, бортинженера В. Н. Волкова и инженера-испытателя В. И. Пацаева. 24 дня находился в космосе героический экипаж. Космонавты выполняли на борту долговременной орбитальной станции большой объем работ. Они провели всестороннюю и самую придирчивую проверку всех систем и агрегатов станции. Безотказно работали системы управления комплексом с борта «Салюта». Космонавты проводили эксперименты по ручному управлению станцией, автономной навигации, корректировке орбиты. Около трех дней космонавты занимались расконсервацией научной аппаратуры, настройкой и подготовкой ее к работе. Затем начались рабочие будни — регулярная работа во имя науки и народного хозяйства.

На борту «Салюта» был впервые испытан широкоугольный визир, предназначенный для точной ориентации по Солнцу и планетам. Интересные исследования позволили провести установленный на борту станции гамма-телескоп. Проведены обширные исследования географических и геологических объектов земной поверхности, снежного и ледового

Экипаж первой орбитальной станции «Салют». Космонавты Г. Т. Добровольский, В. Н. Волков, В. И. Пацаев



Космонавты А. Губарев и Г. Гречко на тренировке в ЦПК им. Ю. А. Гагарина



покрова Земли, различных атмосферных образований. Была осуществлена спектральная съемка в районе Каспийского моря для нужд сельского хозяйства, мелиорации, геодезии и картографии. Одновременно проводилась аэрофотосъемка этих же районов с самолетов. Космонавты сообщали на Землю о циклонах, тайфунах, очагах пожаров. Велись также широкие медико-биологические исследования, испытывались новые образцы нагрузочных костюмов.

Выполнив полностью программу, космонавты законсервировали аппаратуру станции, перешли в транспортный корабль «Союз-11», отстыковались от станции и начали снижение. Трагическая случайность привела к разгерметизации корабля и гибели экипажа. Их подвиг во имя науки и прогресса бессмертен. На Землю был доставлен огромной ценности научный материал.

Через 2 года после работы первой в истории обитаемой долговременной станции на орбите летом 1973 г. в космос была запущена станция «Салют-3».

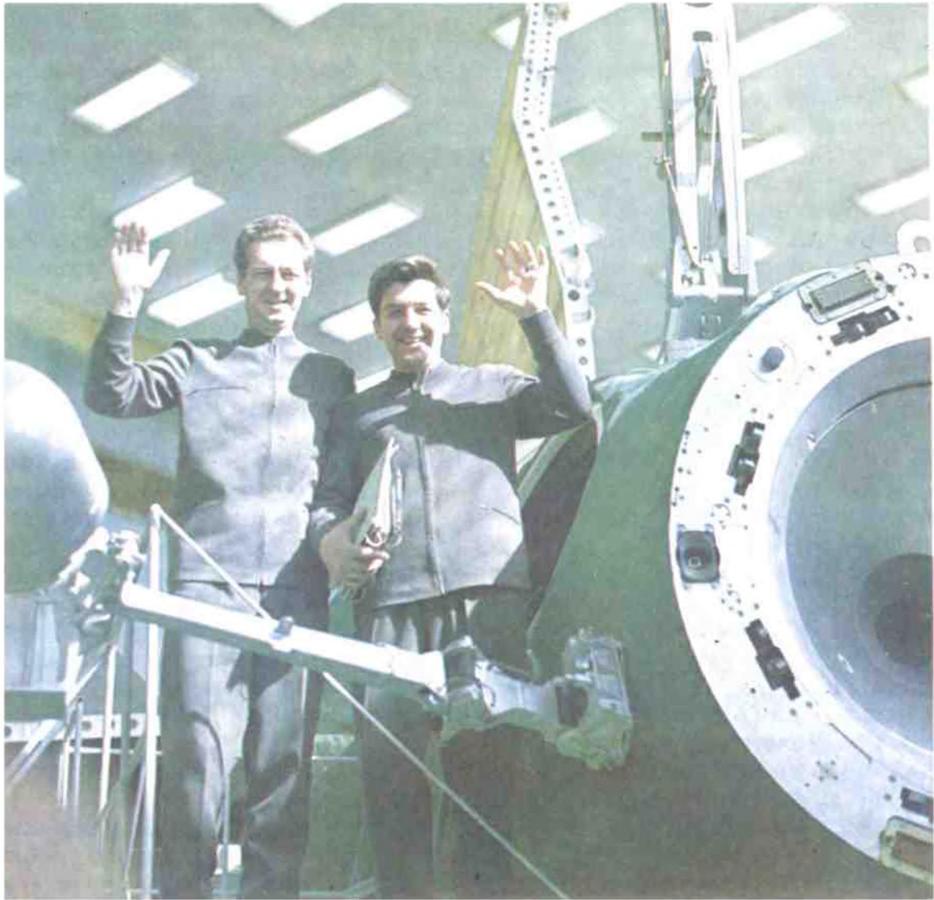
Однако особенно обильный «урожай» дала науке и народному хозяйству усовершенствованная орбитальная станция «Салют-4», выведенная в космос 26 декабря 1974 г. Будучи в основном идентичной предыдущим «Салютам», имея такие же размеры и массу, новая станция была наделена ее создателями и рядом усовершенствований.

Учитывая малочисленность экипажа современных орбитальных станций, конструкторы стремятся максимально автоматизировать все операции на борту, чтобы высвободить космонавтам больше времени для научной работы. С этой целью на «Салюте-4» была установлена система «Каскад» для автоматической ориентации станции в режиме экономичного расхода топлива.

Очень важно стремление конструкторов повысить автономность станции, уменьшить ее зависимость от наземных служб. На «Салюте-4» все время безотказно работала система автономной навигации, включающая комплекс датчиков и бортовую вычислительную машину. Это удобно для работы на околоземных орбитах и будет просто необходимо для дальних космических полетов, например к Марсу.

С 12 января 1975 г. на станции начал работать первый экипаж, доставленный транспортным кораблем «Союз-17». Месяц провели в космосе А. А. Губарев и Г. М. Гречко. Эти труженики неба выполнили большой объем работ и собрали ценный материал.

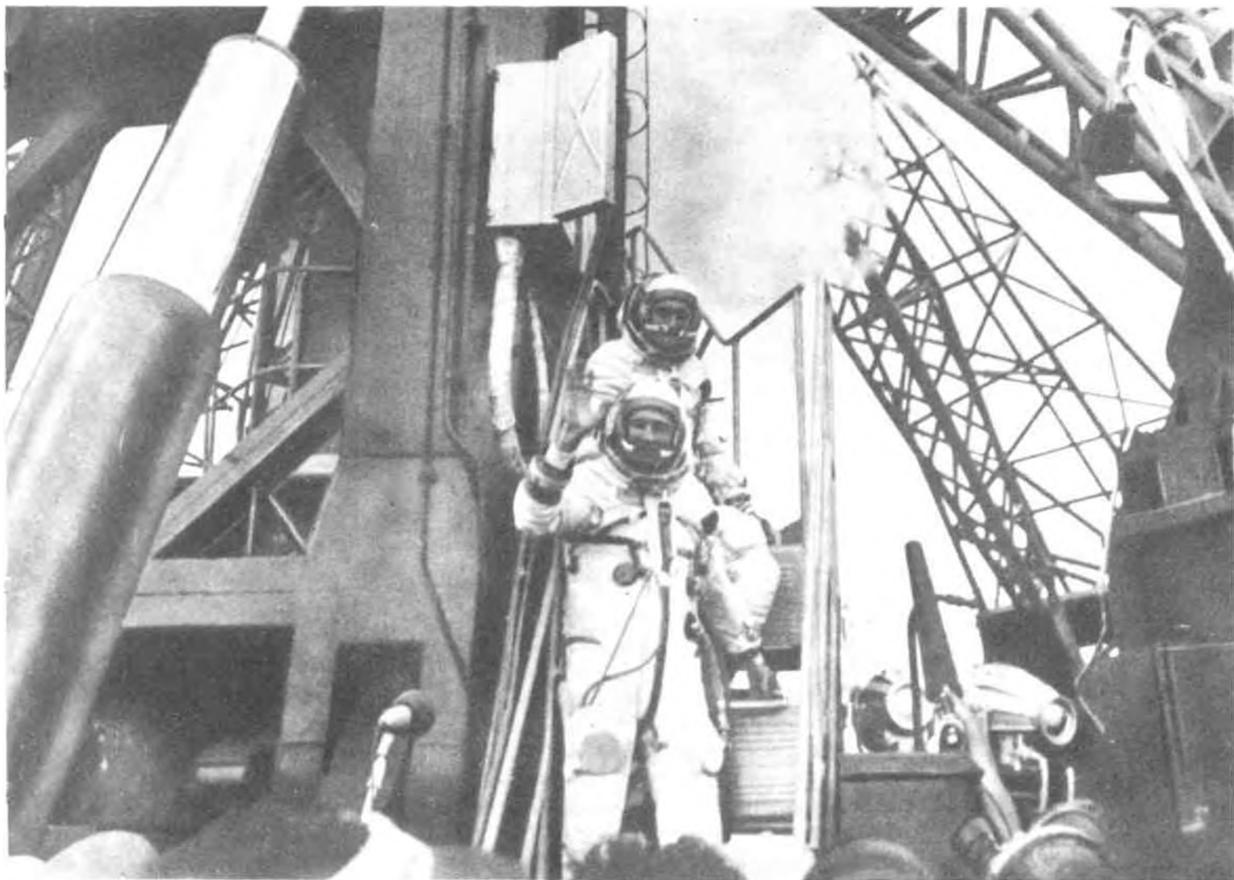
В мае 1975 г. в космос стартовал космический корабль «Союз-18». Для П. И. Климук и В. И. Севастьянова это был второй полет в космос. Космонавты высадились на борт орбитальной станции «Салют-4» и успешно работали на ней в течение 63 сут. Они много времени уделили исследованиям земной поверхности, провели комплексную съемку территории Советского Союза в средних и южных районах и доставили на Землю снимки 8,5 млн. км² земной поверхности. Во время полета получено много ценной информации о физических процессах, протекающих в активных областях Солнца, земной атмосфере и космическом пространстве. За два месяца сделаны сотни снимков и спектрограмм различных участков Солнца. Космонавтам удалось сфотографировать солнечную вспышку. Впервые во время космического полета проведено комплексное фото-



В. Севастьянов и П. Климук у станции «Салют» в ЦПК им. Ю. А. Гагарина

и спектрографическое исследование полярных сияний и серебристых облаков. Много данных было получено о физических процессах в космических источниках рентгеновского излучения, были проведены комплексные исследования реакции организма человека на длительное пребывание в невесомости и испытания различных средств профилактики ее неблагоприятного воздействия. Весьма важной частью программы полета были эксперименты по испытаниям и отработке новых систем и приборов для космических кораблей и орбитальных станций будущего. Мы уже упоминали систему автоматической ориентации на экономичных режимах. Испытывалась также система регенерации воды из влаги, конденсируемой из атмосферы станции. Она снабжала космонавтов горячей питьевой водой.

П. И. Климук и В. И. Севастьянов испытывали новую навигационную систему «Дельта», которая позволяет автономно, на борту станции, определять параметры орбиты и выполнять другие баллистические расчеты.



Б. Волынов и В. Жолобов перед стартом на станцию «Салют-5»

В июне 1976 г. на околоземную орбиту была выведена орбитальная научная станция «Салют-5». В июле — августе этого года 48-суточную программу работы на борту этой станции выполнил экипаж в составе космонавтов Б. В. Волынова и В. М. Жолобова. Была получена обширная информация о физических характеристиках атмосферы Земли и Солнца. Особенно много сделали космонавты для исследований земной поверхности в интересах различных отраслей науки и народного хозяйства. Проводилась комплексная съемка обширных районов территории Советского Союза. Проводились также технологические и медико-биологические исследования.

В феврале 1977 г. на «Салюте-5» работала вторая экспедиция — космонавты В. В. Горбатко и Ю. Н. Глазков.

9 Вахта на околоземной орбите

«Салют-6» и «Салют-7» — прообразы постоянных орбитальных станций

Быстро, очень быстро развивается пилотируемая космонавтика. Первые корабли Вселенной «Востоки», первые многоместные корабли «Восход», первые, новые, весьма совершенные корабли «Союз», первые «Салюты» — станции на околоземной орбите и, наконец, «Салют-6» и «Салют-7» — орбитальные станции второго поколения, прообразы будущих постоянных орбитальных поселений-лабораторий, поселений науки и космической индустрии...

Почти 5 лет работала на орбите станция «Салют-6». Ресурс ее систем втрое превысил первоначально запланированный. На станции «Салют-6» работало 16 экспедиций, в которых участвовало 27 космонавтов стран Европы, Азии и Латинской Америки. На 70 приборах и системах станции (общей массой около 3 т) было выполнено в общей сложности более 1600 экспериментов.

Станции «Салют-6» и «Салют-7» очень заметно отличались от своих предшественниц. Они состояли из трех герметичных и двух негерметичных отсеков объемом около 100 м³, масса станции — около 19 т, а с двумя пристыкованными транспортными кораблями — более 32 т. Мы говорим о двух пристыкованных кораблях, так как впервые на этих станциях было по 2 стыковочных узла. Это сразу внесло принципиальное отличие — появилась возможность принимать грузовые космические корабли «Прогресс» и корабли «Союз» с экспедициями посещения, которые кратковременно работали на орбитальном комплексе вместе с основными экспедициями. Экипаж комплекса резко возростал — на борту работало одновременно 4, 5 и даже 6 космонавтов!

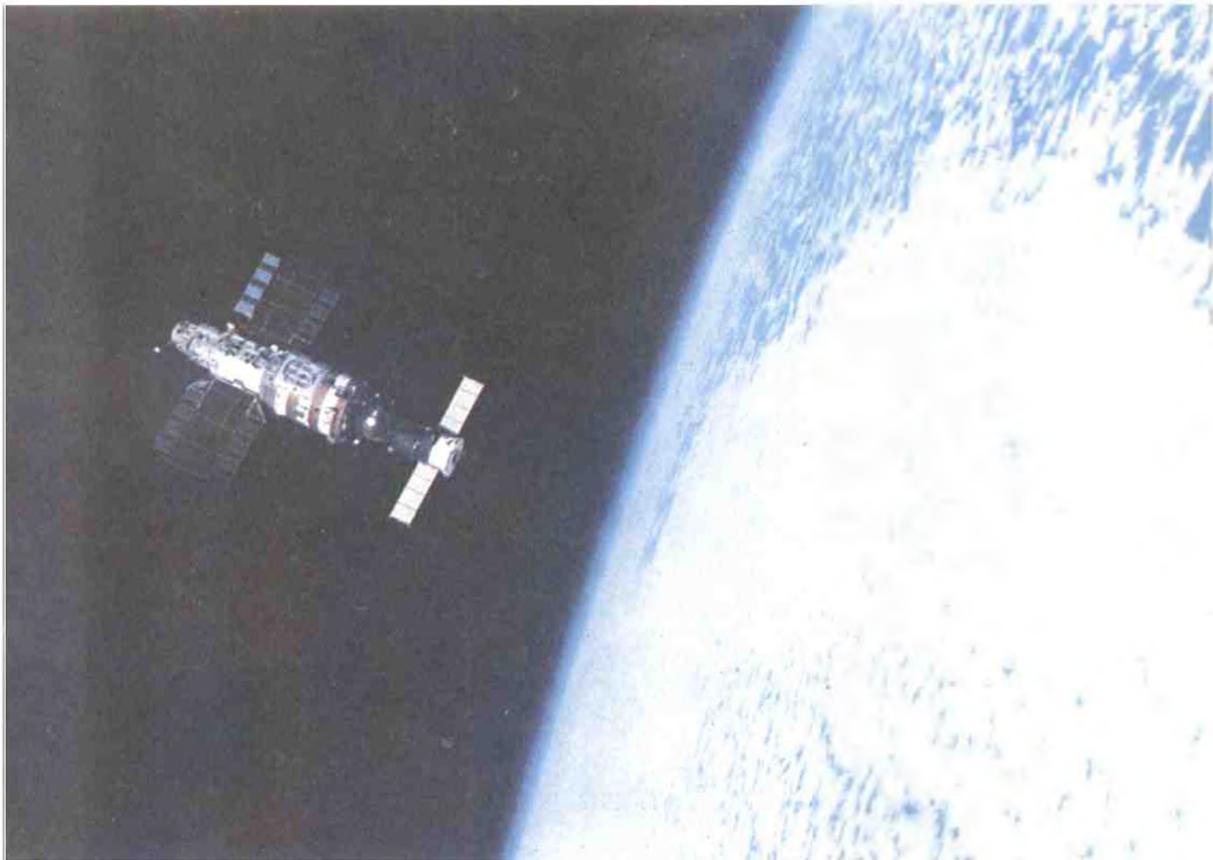
«Прогрессы» получили возможность доставлять на орбиту дополнительно оборудование, запасные части для ремонта аппаратуры, разные грузы по заявке космонавтов.

Была создана система дозаправки двигательной установки станции топливом в полете, а значит, появилась возможность чаще проводить коррекцию орбиты и ориентацию станции.

Заметно модифицирована система жизнедеятельности, появилась душевая установка, резко обновилось научно-исследовательское и приборное оборудование.

Как видим, все делалось для того, чтобы существование станции было долговременным, а работа основных экипажей — длительной. Нельзя забывать, что станция на околоземной орбите — дело очень дорогое и каждый полет в космос тоже дело дорогое.

Вспомним и другое: при полете в космос у человека, даже очень хорошо подготовленного, немало времени уходит на адаптацию к условиям



Орбитальная станция «Салют-6» в полете

космического полета, и прежде всего к невесомости; на орбите пока одновременно работает немного людей, которые должны решать очень разнообразные задачи.

Поэтому важно с каждым новым полетом сделать все для совершенствования и модернизации оборудования космических аппаратов, возможных уже на современном уровне развития науки и техники при разумном масштабе затрат, сделать жизнь и работу на орбите более удобной и комфортной, сделать все для совершенствования подготовки космонавтов.

Каждый новый полет в космос — это и испытательный полет в целях дальнейшего совершенствования космической техники, ее модернизации, совершенствования подготовки космонавтов.

Большой материал в этом отношении был получен за время эксплуатации орбитальной станции «Салют-6». К моменту запуска седьмого «Салюта» она провела в космосе (включая полет в автоматическом режиме) 4,5 года. Был испытан и получил «добро» транспортный космический корабль новой серии «Союз Т». Была испытана и полностью



В. Кубасов на орбитальной станции «Салют-6»

себя оправдала система снабжения орбитальной станции грузовыми кораблями «Прогресс». 12 кораблей этой серии доставили за время работы «Салюта-6» на его борт груз массой около 20 т. Приобретен бесценный опыт длительных пилотируемых полетов, ремонтно-восстановительных работ в космосе, изучено много различных материалов и аппаратуры в условиях длительного космического полета. Успешно использовались два стыковочных узла станции, наглядно показав удобство и перспективность такого решения.

Космонавты, работавшие на «Салюте-6», внесли сотни предложений по совершенствованию систем станции, методов работы и тренировок. Часть их была осуществлена уже на «Салюте-7».

Оба «Салюта» — шестой и седьмой — это орбитальные станции второго поколения. У них одинаковый объем и внешние обводы, те же два стыковочных узла и т. д. И все же на «Салюте-7» было много нового. И это новое в значительной мере — следствие многих предложений, сделанных космонавтами, работавшими на «Салюте-6».

На станции была увеличена мощность солнечных батарей, изменена система вентиляции, усовершенствована система водоснабжения.

За время долгой работы «Салюта-6» его иллюминаторы с внешней стороны были изрядно исцарапаны микрометеоритами, стали непригодными для точных научных наблюдений. На «Салюте-7» на иллюминаторы были установлены прозрачные внешние крышки, которые, когда это нужно, открываются с помощью электропривода. Несколько иллюминаторов, в отличие от «Салюта-6», застеклены кварцевым стеклом без покрытий — это позволяло вести наблюдения за пределами видимого светового диапазона и способствовало оздоровлению атмосферы станции, так как внутрь через эти иллюминаторы проникали ультрафиолетовые лучи.

На «Салюте-7» был установлен новый «водопровод» (система «Родник»). Вода вместо мелких шаровых сосудов находилась теперь в нескольких больших баках, которые можно дозавратить перекачкой воды с грузовых «Прогрессов», как раньше это делалось только с топливом.

Увеличилась возможность ремонтно-профилактических работ (кстати сказать, у космонавтов появился новый инструмент, хорошо приспособленный для работы в космосе), улучшена душевая установка, появился хороший холодильник. Дизайнеры позаботились об улучшении интерьера станции.

Больше всего обновилось научное оснащение станции. Прежнее оборудование функциональной диагностики состояния космонавтов «Полином» заменил более совершенный и компактный комплект «Аэлита». Он позволил снимать кардиограмму в 12 каналах, получать пневмограмму, сфигмограмму сонной артерии. Вместе с другими приборами этот комплект позволял по телеметрическим каналам получать на Земле подробные данные о работе сердца, состоянии сосудистой системы и головного мозга космонавтов.

В негерметизированном отсеке — комплект рентгеновских телескопов, с помощью которых изучался ряд интересных небесных источников рентгеновского излучения.

Для изучения атмосферы, межпланетной среды, структуры галактики на станции были установлены подготовленные французскими учеными фотокамеры высокой чувствительности «Пирамид» и ПСН. Как раз для их работы были очень нужны сделанные на «Салюте-7» иллюминаторы из кварцевого стекла без обычных защитных покрытий. Такие иллюминаторы более полно пропускают поток света. В «Пирамиде» велась съемка на черно-белую пленку через светофильтры, в аппарате ПСН съемка велась на цветную пленку, причем электронно-оптический преобразователь позволял в 600 раз усилить естественное излучение.

Много было на «Салюте-7» и других новых и модернизированных приборов.

Модернизирована была и система терморегулирования, увеличен срок ее работы. Во время эксплуатации этой системы на «Салюте-6» возникла необходимость ее ремонта. Экипажу корабля «Союз Т-3», который выполнял ремонтно-восстановительные работы на шестом «Салюте», пришлось устанавливать новые гидроблоки, разрезая гидромагистраль, не имеющие для этого необходимых разъемов. Непросто было во время этой операции в условиях невесомости предотвратить утечку жидкости из гидромагистралей. А ведь попадание капель жидкости в атмосферу станции не сулило ничего хорошего.

На «Салюте-7» возможность замены гидроблоков была предусмотрена заранее. Ее можно было быстро и надежно провести благодаря наличию в гидромагистралях специальных разъемов с клапанами, которые не позволяют жидкости вытечь, когда трубы рассоединены. Предусмотрена и возможность заправки гидромагистралей в полете.

На «Салюте-6» 35 раз выполнялась стыковка с космическими кораблями. На новой станции был установлен более прочный стыковочный узел на переходном отсеке, так как он подвергается наибольшему по амплитуде и числу циклов нагрузкам.

Вычислительно-информационная система «Дельта» функционировала уже на «Салюте-6». Там с ее участием проводился ряд работ. А на «Салюте-7» система «Дельта» уже использовалась, как говорится, с полной нагрузкой.

Космонавты отработали методику взаимодействия с этой умной машиной, что значительно изменило характер работы на станции, освободив экипаж от многих вспомогательных операций, связанных с управлением станцией и частью научной аппаратуры.

«Дельта» позволяет вести автономную навигацию, измеряя и вычисляя при помощи своей ЭВМ — бортового вычислительного комплекса — параметры орбиты. «Дельта» управляла различными системами станции. Только с помощью «Дельты» космонавтам удалось выполнить столь значительный объем астрофизических исследований — в соответствии с заложенной программой она управляла ориентацией и движением станции «Салют-7», наводя таким образом аппаратуру на исследуемые небесные источники и включая в нужный момент саму аппаратуру.

«Дельта» своевременно включала и выключала радиопередатчики во время сеансов связи станции с Землей, учитывала расход ракетного топлива, электроэнергии, ресурсов различных систем.

«Дельта» выдавала экипажу справочные данные, баллистическую обстановку, например время входа в тень Земли и выхода из нее, начало нового витка и т. п.

Большим достоинством системы «Дельта» и ее математического обеспечения была возможность введения в нее новых программ в ходе полета. В результате взаимодействия экипажа с разработчиками системы был внедрен ряд новых режимов ее работы с учетом требований, возникших при проведении экспериментов. Например, космонавты получили возможность определить положение осей станции в пространстве, что позволило без участия Земли разворачивать станцию из произвольного положения в заданное. Работа «Дельты» позволяла



Вид на Землю с борта орбитальной станции

космонавтам с помощью специального визира определять координаты наземных объектов — лесных пожаров, геологических структур и т. п.

«Дельта» выполняла и еще одну важную задачу — обрабатывала все результаты медицинских обследований, выполнявшихся на борту.

Итак, средства автоматизации работы космонавтов, улучшение комфортности на орбитальных станциях, система снабжения с помощью грузовых космических кораблей «Прогресс», продуманная четкая система физических тренировок в полете и все более совершенная подготовка к полетам на Земле уже позволили значительно увеличить длительность космических полетов, внедрить систему смены экипажей на станциях с продолжением ранее начатых на орбите исследований и работ, резко

В. Рюмин на борту «Салюта-6»



повысить отдачу пилотируемых космических полетов науке и народному хозяйству.

Все ближе становилась эра постоянно действующих на орбите станций, постоянной работы космонавтов вне Земли на благо Земли, на благо человека.

Непрерывное совершенствование космических пилотируемых аппаратов, методов и средств подготовки космонавтов привело к тому, что полеты в космос превратились из отдельных рывков в неизведанное в систематическую напряженную работу космонавтов на околоземных орбитах в интересах науки и народного хозяйства. С каждым годом растет польза, конкретная отдача от космических полетов. Они становятся все более эффективными, все более выгодными экономически.

Можно смело сказать, что в наши дни уже завершился период становления космонавтики, она стала прямой производительной силой, фактором, в значительной степени влияющим на развитие экономики.

Экономисты полагают, что уже в ближайшие годы космонавтика будет приносить многие миллиарды рублей годового дохода.

Велика отдача уже и сегодня. Приведем несколько примеров.

Фотосъемка из космоса с целью разведки полезных ископаемых с помощью многозональной фотокамеры «МКФ-6М» только в течение 4 мин заменяет напряженный труд геологов с применением авиации в течение 2 лет.

Космонавты двух первых основных экспедиций на «Салюте-6» — Юрий Романенко и Георгий Гречко, Владимир Коваленок и Александр Иванченков — наблюдали во время полетов более 400 природных объектов. Большое внимание было уделено изучению геологических объектов, особенно крупных структур земной коры. Космонавты наблюдали геологическую структуру Прикаспия и выявили в ней целый ряд

особенностей. В районе Южного Урала они обнаружили участок с повышенной трещиноватостью. На таких участках могут находиться рудные месторождения. Они отметили, что район Тюленевых островов в Каспийском море может оказаться перспективным на нефть и газ.

Были зафиксированы кольцевые геологические структуры в районе озера Балхаш, на юге Украины и в ряде других районов. А такие структуры часто бывают сопряжены с крупными месторождениями полезных ископаемых.

Четвертый основной экипаж станции «Салют-6» — Леонид Попов и Валерий Рюмин — по специальному заданию геологов изучил с орбиты 126 геологических объектов. Полученные ими данные оказали существенную помощь в работе геологов.

Большой размах космические исследования в интересах геологии получили во время работы на станции «Салют-7» космонавтов Анатолия Березового и Валентина Лебедева.

Наряду с фотографиями с орбиты большое прикладное значение имели визуальные наблюдения космонавтов. Их высоко оценили геологи. Вторая экспедиция посещения доставила на Землю первые комплекты карт с пометками Лебедева и Березового, сами они доставили на Землю еще 35 таких карт. Видеомагнитофон «Нива», доставленный на борт станции «грузовиком» «Прогресс», позволил записать и передать на Землю видеопанорамы геологических образований с комментарием экипажа.

И еще во время полета «Эльбрус» (позывные Березового и Лебедева) по их целеуказаниям работало шесть геологических партий в районах Нижней Волги, Прикаспия, Центрального Казахстана, Байкало-Амурской магистрали, которые подтвердили данные космонавтов.

По этим данным уже открыта перспективная газоносная область, обнаружены запасы воды в районах Казахстана, где в ней есть большая нужда.

В свою очередь, наблюдения с орбиты позволили подтвердить предположения геологов по многим районам Средней Азии, Украины и т. д.

Велико значение космических снимков для картографирования. Они позволяют резко ускорить составление современных географических карт. Достаточно напомнить, что один снимок со станции «Салют», сделанный фотокамерой КАТЭ-140, охватывает площадь 200 тыс. км², а за 10 мин съемки получается отображение 2 млн. км². Это равноценно 2 годам работы самолета, оснащенного специальной аппаратурой.

Существенную роль играют космические снимки и визуальное наблюдение из космоса в лесном хозяйстве. Мелкомасштабное картографирование территории лесов дает возможность определить участки с поврежденным и погибшим лесом, свежие вырубki, заболоченные леса, получить данные об удаленных и труднодоступных лесных массивах.

Космические методы позволили впервые охватить наблюдениями весь огромный лесной фонд бывшего Советского Союза — 1 млрд. 237 млн. га, значительно снизить затраты труда на лесоустройство, стоимость обследования лесов.

Неоценимая услуга — раннее обнаружение лесных пожаров из космоса.

Очень важны услуги, которые уже оказывает космонавтика сельскому хозяйству, услуги эти все расширяются. Специалисты считают, что уже в ближайшие годы экономический эффект составит здесь десятки миллионов рублей в год. Наблюдения из космоса дают необычайно широкие возможности для оперативного контроля за агресурсами, они позволяют снизить потери урожая от вредителей, сорняков, болезней растений, определить продуктивность лугов и пастбищ. Очень важны эти методы для определения последствий стихийных бедствий — наводнений, града, ливней, пылевых бурь и т. п.

Много наблюдений по заданиям специалистов сельского хозяйства велось с борта станции «Салют-7». Эти наблюдения велись главным образом за тестовыми районами, расположенными в основном в Краснодарском крае. Решалась задача отработки методики контроля из космоса за динамикой развития сельскохозяйственных культур от весенних всходов до созревания.

Космонавты фиксировали изменение окраски тестовых полей, фотографировали интересные районы. Одновременно эти участки изучались наземными методами. Изучалась возможность по изменению окраски полей обнаруживать участки, пораженные вредителями сельскохозяйственных культур, оценивать эрозионные процессы. Работа космонавтов показала, что решать эти задачи из космоса возможно.

Наблюдения в интересах сельского хозяйства, помимо Краснодарского края, охватывали и другие районы. В Средней Азии контролировался рост хлопчатника, на Украине и в Ставрополье — комплексы посевов, в Чечено-Ингушетии космонавты наблюдали за состоянием пастбищ. Аналогичные исследования охватывали территории Польши, Чехословакии, Монголии.

Визуально-инструментальные наблюдения в рамках задания «Биосфера» велись над территорией бывшей ГДР.

Весьма важную роль играют гидрологические исследования из космоса. Они дают народному хозяйству полную и своевременную информацию о гидрологических процессах, точные сведения о запасах воды — а это необходимая основа для создания экологически рациональных и экономически выгодных водохозяйственных систем.

Только информация из космоса поможет получить необходимые данные, чтобы предусмотреть экологические и экономические последствия больших гидрогеологических мероприятий.

Велика практическая отдача уже сейчас в области океанологии, гляциологии, охраны среды обитания и других областях. Примеры можно было бы многократно умножить.

Очень быстро развивающаяся и перспективная область использования космических полетов в интересах человека — космическая технология. Она обещает дать важные результаты в получении новых, особо чистых, материалов с ценными свойствами для машиностроения, электроники, радиотехники, оптики, в изготовлении новых лекарственных препаратов.

Отсутствие тепловой конвекции в невесомости является существенным преимуществом космической технологии.

Первый в мире технологический эксперимент в космосе был выполнен еще в октябре 1969 г. В. Н. Кубасовым на борту космического корабля

«Союз-6». В этом эксперименте с помощью установки «Вулкан» исследовались различные режимы плавления и сварки металлов электронным пучком. Ряд технологических экспериментов провели космонавты на станциях «Салют-4» и «Салют-5».

Большие программы по космической технологии выполняли в течение длительного времени основные экипажи и экипажи посещения на орбитальных станциях «Салют-6» и «Салют-7».

На «Салюте-6» работали технологические установки «Сплав» и «Кристалл», предназначенные для получения полупроводниковых, металлических и оптических материалов. За время функционирования на орбите станции «Салют-6» на этих установках было проведено около 300 экспериментов.

На «Салюте-7» технологические исследования получили новое развитие. Здесь использовалась печь «Кристалл—Магма», имеющая большой рабочий объем. В экспериментах исследовалась диффузия вещества в системе «свинец — медь». А одним из «Прогрессов» была доставлена на станцию установка «Корунд». Она уже, по существу, была предназначена для опытно-промышленного производства на орбите. В установке «Сплав» в контейнере с исследуемым материалом менялось только тепловое поле. В установках типа «Кристалл» через определенное тепловое поле с фиксированной скоростью продвигался исследуемый образец.

В «Корунде» можно было по желанию изменять режим теплового поля от $1/10$ до 10°C за 1 мин и одновременно задавать разные скорости продвижения образцов через тепловое поле. Такое продвижение может быть очень-очень медленным — от 1 до 30 мм в сутки, просто медленным — от 1 до 30 мм в 1 ч и довольно быстрым — 100 мм в 1 мин. Космонавты вставляли в печь образец, включали программу и вынимали капсулу с исследуемым материалом после эксперимента.

В предшествующих технологических установках исследования велись по заранее заданной на Земле жесткой циклограмме. На «Корунде» аппаратура управления была создана на базе ЭВМ. Электронно-вычислительная машина позволяла космонавтам набирать различные программы исследований в рамках изучаемого технологического процесса. Появилась возможность корректировать программу в соответствии с результатами, полученными в предыдущих опытах.

В «Корунде» имелось три тепловые зоны и каждая могла работать по особой программе, в каждой — капсула с образцом исследуемого материала. А температура могла меняться от комнатной до 1270°C . При такой температуре плавятся практически все используемые сейчас полупроводниковые материалы, кроме кремния.

Длина контейнеров для образцов в «Корунде» составляла 300 мм, а диаметр — 30 мм. Это значит, что в принципе на этой установке можно было получать в условиях невесомости однородные кристаллы большого размера. Березовой и Лебедев получили на «Корунде» первые образцы полупроводниковых материалов — селенида кадмия и антимонида индия.

Один контейнер «Корунда» позволяет получить 1,5 кг ценного полупроводника — арсенида галлия. А ведь установка имеет барабан, как в револьвере. И в него можно, подобно патронам, заложить 12 ампул



На борту орбитальной станции «Салют-7» космонавты первой основной экспедиции и третьей экспедиции посещения

с материалом и затем подавать их одну за другой поочередно в рабочую зону для обработки.

Кое-кто может решить — подумаешь, получится 15—18 кг полупроводника! Но ведь это не выплавка стали. Годовая потребность в некоторых полупроводниках всей промышленности бывшего Советского Союза исчисляется в немногих килограммах.

Важные эксперименты были выполнены на станции «Салют-7» в области биотехнологии. Это прежде всего эксперимент «Таврия», разработанный учеными Крыма. Аппаратуру для него помогли создать ученые и студенты одного из старейших и известнейших технических вузов — Московского высшего технического училища им. Баумана, ныне Государственного технического университета.

Этот эксперимент предназначен для получения в невесомости методами электрофореза в жидкой среде особо чистых биологически активных веществ. При электрофорезе — движении взвешенных частиц в электриче-

ском поле — невесомость значительно уменьшает воздействие факторов, мешающих получить очень чистое вещество. Сортировка биологических веществ ведется на клеточном уровне.

Эксперимент впервые проводился на «Салюте-7» в то время, когда там находилась вместе с Березовым и Лебедевым экспедиция посещения — Светлана Савицкая, Леонид Попов и Александр Серебров. Экипаж посещения доставил на Землю видеозаписи процесса и фотоматериалы, которые позволили оценить его эффективность, производительность, качество очистки.

Затем основной экипаж «Салюта-7» продолжил исследования по уточненной методике, а после возвращения на Землю доставил ученым и сами препараты.

В этом эксперименте удалось разделить на пять компонентов альбумин — один из важнейших белков крови человека. В организме человека вырабатываются ферменты, которые могут служить очень сильными лекарствами. Современная земная технология получения высокоактивных биологических веществ не дает возможности добиться нужной чистоты этих препаратов, чтобы избежать аллергических осложнений, не говоря уже о дороговизне.

На борту «Салюта-7» удалось получить чистоту некоторых компонентов в 10—15 раз выше, чем в земных условиях. А производительность процесса увеличивается в сотни раз.

Результат эксперимента важен как для фундаментальной биологии, так и для биотехнологии.

Открываются возможности получения в производственных установках на орбите чистых биологически активных веществ, что особенно необходимо для нужд фармакологии.

Нужны эти вещества и в пищевой промышленности, и в микробиологии, и в сельском хозяйстве. Они найдут применение для исследований в молекулярной биологии и геной инженерии.

Большое количество технологических и биологических экспериментов выполнили на орбитальной станции «Салют-7» в 1983—1984 гг. основные экипажи — В. Ляхов и А. Александров («Протоны»), а затем Л. Кизим, В. Соловьев и О. Атьков («Маяки») и также направлявшиеся периодически экспедиции посещения. Это и продолжение экспериментов с «Таврией», и биологические опыты на установках «Оазис» и «Светоблок», и биологический эксперимент «Цитос-3», и плавки в электропечи «Кристалл», и серия экспериментов на технологической установке «Испаритель», и многое, многое другое.

Благодаря присутствию в экипаже «Маяков» врача Олега Атькова и рекордной в то время длительности этого полета (237 сут на околоземной орбите) большое значение имели медицинские эксперименты, которые очень важны с точки зрения всесторонней подготовки космонавтов к новым космическим свершениям. Проведение медицинских экспериментов дало много новых сведений о состоянии сердечно-сосудистой системы человека в условиях длительного полета, о влиянии на работоспособность космонавтов различных средств, методов и напряженности физических тренировок, о влиянии в полете разных психологических факторов.



На борту «Салюта-7». Основной экипаж и седьмая экспедиция посещения

Для повышения эффективности физических упражнений в невесомости и выбора наиболее оптимального комплекса проводился эксперимент «Спорт». Проводились под наблюдением врача тренировки, более интенсивные по нагрузкам и менее длительные, чем применявшиеся ранее. Это позволит в будущем сократить затрачиваемое на физические упражнения столь драгоценное время космонавтов в полете.

Интересно отметить, что, помимо тренировок с эспандером, с костюмами «Чибис» и «Пингвин», в длительных полетах космонавтам для

сохранения «формы» приходится ежедневно «пробегать» на бегущей дорожке 5 км и около 10 км «проезжать» на велотренажере. Олег Атьков регулярно выслушивал сердце и легкие своих товарищей по полету, измерял давление, частоту пульса, брал на анализ кровь из пальца и из вены, проводил функциональные нагрузочные пробы для оценки углеводного и кальциевого обмена.

Ряд медицинских экспериментов был проведен вместе с экспедицией посещения — космонавтами Юрием Малышевым, Геннадием Стрекаловым и гражданином Индии Ракешем Шарма. Эксперимент «Оптокинез» помогал выяснить причины возникновения вестибулярных расстройств в период адаптации к невесомости, в экспериментах «Вектор» и «Баллисто-3» определялись состояния биоэлектрической активности сердца и регистрировались вызванные сердечной деятельностью микроскопические перемещения тела. В число медицинских экспериментов входили также «Опрос», «Анкета», «Профилактика» и др.

После возвращения Кизима, Соловьева, Атькова 2 октября 1984 г. на Землю из своей беспрецедентной экспедиции станция «Салют-7» продолжала полет в автоматическом режиме в ожидании нового экипажа. В течение нескольких месяцев Центр управления полетом поддерживал с ней контрольную радиосвязь. Однако 11 февраля 1985 г. неожиданно оборвалась связь со станцией, она стала неуправляемой. Была принято решение послать на станцию опытный, особо подготовленный экипаж, чтобы выяснить причину аварии и попытаться вернуть «Салют-7» в рабочее состояние.

Для этого необычного и особо ответственного рейса были выделены Владимир Джанибеков, уже четырежды летавший в космос, общепризнанный космический «ас», и Виктор Савиных, имевший опыт работы на станции «Салют-6». К тому же при полете к «Салюту-7» очень много зависело от оптических приборов, а Савиных — квалифицированный специалист в этой области, он защитил диссертацию на тему «Приборы оптического наблюдения и ориентации в космосе».

Началась тщательная подготовка к сложной космической экспедиции.

Особенно внимательно и многократно отработывались на Земле предстоящие в полете сближение и стыковка транспортного «Союза Т» со станцией. Ведь «Салют-7» был неуправляем, а значит, нельзя было включить двигательную установку и скорректировать положение станции на орбите, нельзя было включить радиотехническую систему «Игла», необходимую для стыковки с кораблем.

В процессе подготовки моделировали множество известных и предполагаемых ситуаций, средства и методы устранения неисправностей. Программа тренировок была очень сложна, а время на ее отработку сжато до предела. На «Союзе Т», который должен был лететь к молчавшей станции, установили дополнительную аппаратуру — оптический прибор наведения, лазерный дальномер, прибор ночного видения. Ручки управления кораблем перенесли к боковому иллюминатору, через который удобнее всего наблюдать за станцией при сближении.

Космонавты отработывали режим управления кораблем и стыковки в условиях, если станция быстро вращается, при множестве вариантов относительного движения объектов.

Анализируя обстановку, специалисты «заподозрили» в причинах аварии один из блоков станции, не исключалась и возможность того, что кое-какие узлы загорелись. При подготовке к полету в специальных камерах сожгли провода с лакокрасочным покрытием, изолирующую оплетку и т. п., а затем провели анализ вредных примесей в атмосфере с перерасчетом на объем станции. Предусмотрели возможность проведения работ в специальных противогазах.

На заключительной тренировке в тренажер неожиданно пустили дым, выдали космонавтам сложные команды, выполнять их пришлось мгновенно, надев противогазы.

Тщательные тренировки помогли космонавтам справиться с тяжелой и рискованной работой в космосе.

«Союз Т-13» 8 июня 1985 г. медленно облетел вращающуюся орбитальную станцию, Джанибеков и Савиных провели стыковку. Космонавты проверили герметичность перехода, выровняли давление между своим кораблем и переходным отсеком станции, взяли пробы воздуха и провели анализ атмосферы «Салюта-7»...

Когда космонавты перешли на борт станции, их встретило зловещее безмолвие. Не слышно было обычного на станции легкого шума вентиляторов, электромоторов, электронных приборов. Температура там оказалась ниже нуля, вода в сосудах замерзла, тока в электрической сети не было, аккумуляторы были разряжены, воздух застоялся, но вредных примесей в нем не обнаружили.

Работать было очень тяжело, быстро наступала усталость, болела голова. Приходилось периодически возвращаться в корабль — погреться и подышать чистым воздухом.

Космонавты подключили регенераторы и поглотители вредных примесей к вентилятору транспортного корабля, поток воздуха направлялся через люки в рабочий отсек станции, постепенно атмосфера очищалась от углекислого газа и неприятного запаха. Удалось наконец выяснить и причину аварии — неисправный датчик выдавал ложные сигналы о полном заряде аккумуляторов. Программно-временное устройство регулярно один раз на каждом витке вокруг Земли давало команду на включение солнечных батарей, но неисправный датчик блокировал эти команды, и в результате химические батареи, которые питали ток агрегаты и приборы, полностью разрядились.

Постепенно космонавтам удалось восстановить энергоснабжение. Через 5 суток напряженной работы Джанибекова и Савиных станция вернулась к жизни.

Очередной «Прогресс» доставил на орбиту все необходимое для дальнейших ремонтно-восстановительных работ.

Мужественный экипаж полностью восстановил станцию, выполнил большой объем работ в интересах науки и народного хозяйства, а 2 августа во время 5-часового выхода в открытый космос установил две дополнительные секции на третью панель солнечной батареи станции «Салют-7».

Работа космонавтов в этом полете показала, что человек в космосе в состоянии решать самые сложные задачи. И немалое значение для успеха этой очень трудной экспедиции имела отличная подготовка космонавтов.

Орбитальный комплекс модульного типа «Мир»

20 февраля 1986 г. в Советском Союзе была выведена в космос орбитальная станция нового поколения — «Мир». Этот космический аппарат, сохранивший внешние размеры «Салюта», является базовым блоком для создания постоянно действующего (!) многоцелевого пилотируемого космического комплекса со специализированными модулями научного и народнохозяйственного назначения.

Как и «Салюты-6» и «-7», «Мир» имеет два основных стыковочных узла — один со стороны агрегатного отсека, другой со стороны переходного отсека. К ним причаливают пилотируемые и грузовые космические корабли и специализированные модули. Но на переходном отсеке установлено еще и четыре дополнительных стыковочных узла. Прибывающий с Земли специализированный модуль вначале причаливает к основному стыковочному узлу на торцевой части переходного отсека, а затем механическим манипулятором перемещается на один из четырех периферийных стыковочных узлов этого отсека. Специализированные модули позволяют в несколько раз увеличить полезный объем станции, каждый из них предназначается для определенных работ и исследований, может оборудоваться своими солнечными батареями.

Благодаря специализированным модулям появилась возможность освободить рабочий отсек от приборов для научных исследований, аппаратуры для технологических и иных экспериментов. В нем четко обозначались две зоны — служебная и бытовая.

В бытовой зоне стало посвободней, по предложениям космонавтов более удобно размещены беговая дорожка и велозргомметр. Установлен обеденный стол-шкаф на 6 человек. В нем размещены суточные рационы питания на каждого члена экипажа, устройство для подогрева пищи с часовым механизмом и звуковым сигналом, контейнер с рукавами-мусоропроводами для сбора отходов. Есть холодильник.

Важное новшество — маленькие индивидуальные каюты со спальным мешком, складным креслом, столиком, зеркалом.

Здесь космонавт может побыть один, послушать музыку, снять психологическую нагрузку.

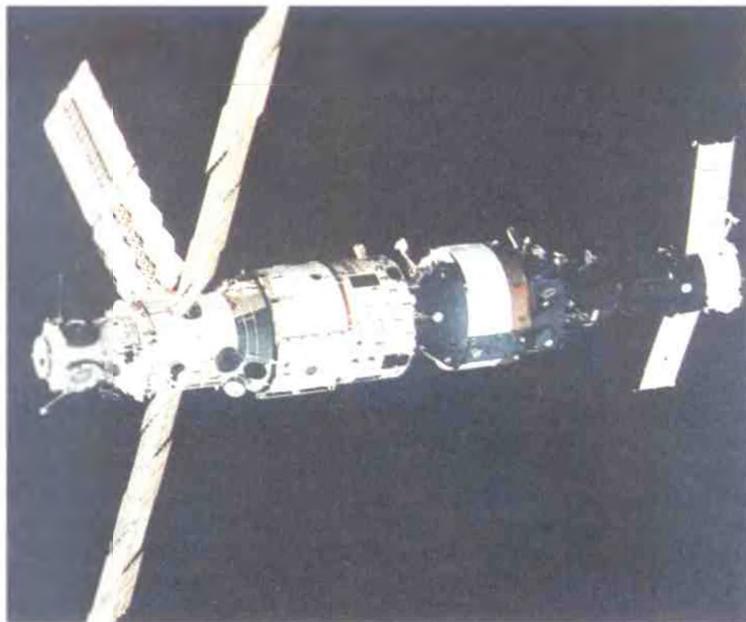
Температура в жилой зоне может по желанию космонавтов изменяться от 18 до 28°С.

Две большие — общей площадью около 80 м² — панели солнечных батарей базового блока повысили надежность работы всего электротехнического, электронного и радиооборудования.

Мы рассказывали о том, как помогала на «Салютах» космонавтам «Дельта». На «Мире» все процессы управления аппаратурой максимально автоматизированы. Вычислительный комплекс, включающий 7 электронно-вычислительных машин, выполняет многие операции по обслуживанию станции, которыми раньше занимались сами космонавты. Все необходимые данные по состоянию различных агрегатов и систем выводятся на дисплей.

На станции «Мир» впервые обеспечена практически круглосуточная непрерывная связь с Землей через спутники-ретрансляторы, находящиеся на геостационарной орбите на высоте около 36 тыс. км над Землей.

Станция «Мир» в полете. Хорошо виден новый стыковочный узел



На агрегатном отсеке станции установлены 2 маршевых двигателя тягой по 3000 Н каждый, в том же отсеке — 32 двигателя системы ориентации тягой по 140 Н. В системе ориентации комплекса «Мир» интересная новинка — гироскопические стабилизаторы, установленные на модуле «Квант-1». Они дополняют работу реактивных двигателей ориентации, не расходуя, однако, в отличие от первых, топливо. Маховики гиродинов раскручиваются электродвигателями, получающими электроэнергию от солнечных батарей.

Наращивание орбитального комплекса пристыковкой крупных модулей — главная особенность станции «Мир». О них рассказ впереди.

Первый рейс на новую станцию «Мир» совершили неумолимые Кизим и Соловьев. Их задачей была проверка функционирования станции во всех режимах, оценка различных нововведений, появившихся на борту, проверка бортовой электростанции, вычислительного комплекса, системы связи через спутник-ретранслятор, монтаж доставленной грузовыми кораблями «Прогресс-25» и «Прогресс-26» аппаратуры, заправка объединенной двигательной установки топливом.

5 мая 1986 г. Кизим и Соловьев на своем корабле «Союз Т-15» отчалили от станции «Мир» и начали межорбитальный перелет на станцию «Салют-7». Это первый такого рода перелет в истории космонавтики. Преодолев 2000 км, когда до «Салюта-7» осталось 2,2 км и расстояние можно было измерять ручным лазерным дальномером, экипаж взял управление на себя. Корабль успешно состыковался со станцией.

На «Салют-7» были доставлены различные материалы для научных исследований и ремонтных работ. Кизим и Соловьев дважды выходили в открытый космос (это были уже седьмой и восьмой выходы этих



Л. Кизим и В. Соловьев в МИКе космодрома Байконур у модуля «Квант» (в обтекателе)

космонавтов в открытое космическое пространство!). Космонавты установили на внешней поверхности станции устройство для разворачивания ферменной конструкции, опробовали его работу в автоматическом, полуавтоматическом и ручном режимах. Ферма была выдвинута на 12 м — высоту трехэтажного дома. Космонавты выполнили также сварку элементов ферменных конструкций с помощью установки УРИ, которую ранее испытывали Савицкая и Джанибеков.

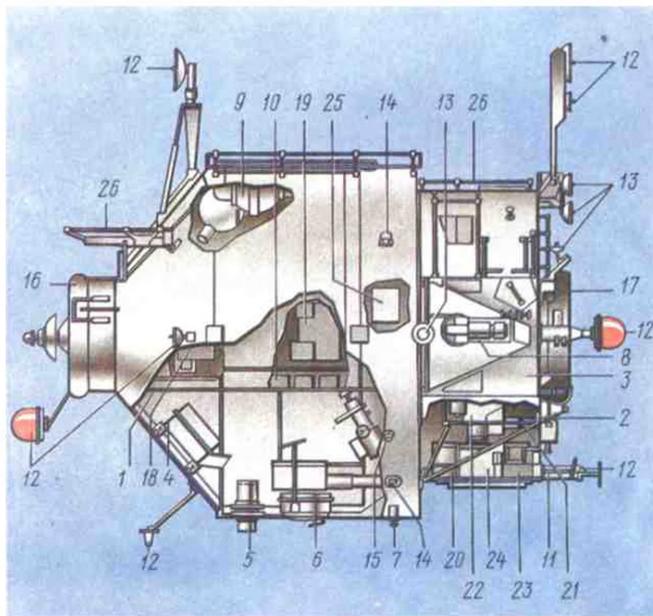
Результаты этих работ имеют большое значение для разработки методов строительства в космосе крупногабаритных сооружений.

Завершив работу на «Салюте-7», космонавты совершили новый межорбитальный перелет и вернулись на станцию «Мир». Они перевезли с «Салюта-7» скафандры, в которых работали в открытом космосе, спектрометры, фотоаппараты, кинокамеры и другую аппаратуру. Научная аппаратура была смонтирована в отсеках «Мира». Затем экипаж вернулся на Землю.

Этот полет подтвердил огромные возможности, открывающиеся перед космонавтикой, с созданием на околоземных орбитах постоянно действующих пилотируемых научно-технических комплексов, состоящих из множества специализированных модулей, в том числе и летающих отдельно от базового блока, к которым при необходимости будут прилетать космонавты с основной станции.

Владимир Соловьев вспоминает о подготовке к этому полету: «Мы разбирались в новой станции («Мир»), повторяли устройство «Салюта», на различных тренажерах провели массу стыковок: вспоминали старые режимы и активно готовились по новой схеме. Хорошоенько попотели в гидробассейне с новым, очень интересным экспериментом «Маяк»: такие

Схема астрофизического модуля «Квант» (1 — лабораторный отсек; 2 — переходная камера; 3 — отсек научных приборов; 4 — центральный пост управления; 5 — прибор астроориентации; 6 — оптический визир; 7 — датчик инфракрасной вертикали; 8 — звездный датчик; 9 — гиродины; 10 — блоки цифровой машины; 11 — солнечный датчик; 12 и 13 — антенны систем сближения; 14 — антенны радиотелетметрии; 15 — антенны командной радиолинии; 16 — активный стыковочный агрегат; 17 — пассивный стыковочный агрегат; 18 — агрегаты системы жизнеобеспечения; 19 — доставляемое оборудование для станции; 20 — рентгеновский телескоп «Пульсар X-1»; 21 — рентгеновский телескоп «Фосвичи»; 22 — рентгеновский телескоп ТМ; 23 — спектрометр «Сирень-2»; 24 — ультрафиолетовый телескоп; 25 — электрофоретическая установка; 26 — поручни)



раскрывающиеся конструкции — это кирпичики будущих поселений на орбите. Много было и командировок, научную аппаратуру для космоса создают по всему Союзу».

Станция «Салют-7» на этом закончила свою работу в пилотируемом режиме. В течение более 4 лет на ней работало 10 экспедиций — 4 основные и 6 посещения (в том числе 2 международных с участием французского и индийского космонавтов). На станции побывало 22 космонавта. Она была обитаема 861 сутки. Затем она в комплексе с «Космосом-1686» была переведена на более высокую (до 490 км) орбиту. В феврале 1991 г. «Салют-7» вошел в плотные слои атмосферы и прекратил свое существование. Часть обломков упала в Южной Америке, не причинив вреда.

Но вернемся к комплексу «Мир».

В феврале 1987 г. модернизированный транспортный корабль «Союз ТМ-2» доставил на станцию «Мир» новый экипаж — опытного космонавта Юрия Романенко и Александра Лавейкина — двухсотого космонавта планеты Земля. Этот полет открыл новый этап эксплуатации станции «Мир», который предусматривает создание постоянно действующего орбитального пилотируемого комплекса со специализированными модулями научного и народнохозяйственного назначения.

Несколько слов о космическом корабле «Союз ТМ». Он существенно улучшен по сравнению со своим предшественником — «Союзом Т». На спускаемом аппарате установлены новые основная и запасная парашютные системы. Они легче прежних, занимают меньший объем, а надежность их выше. Новый корабль доставляет на орбиту полезный груз на 250 кг больше. Повышена надежность многих систем.

Новый измерительный радиотехнический комплекс помогает более успешно решать задачи ориентации, автономной навигации управления движением корабля.

Внедрен новый метод сближения и стыковки со станцией. Теперь орбитальный комплекс не должен менять ориентацию, разворачиваться. А приближающийся с разных возможных направлений корабль «Союз ТМ» облетает станцию, входит в зону, называемую причальным конусом, сближается со станцией и причаливает к стыковочному узлу. Радиотехническое обеспечение этих операций выполняет новая система стыковки «Курс».

В последний день марта 1987 г. к станции «Мир» стартовал первый специализированный модуль — ракета-носитель «Протон» вывела на орбиту тяжелый астрофизический модуль «Квант». Это оснащенный большим количеством научного оборудования блок. На нем смонтирована состоящая из ряда уникальных приборов орбитальная обсерватория «Рентген», которую создали ученые Советского Союза, Великобритании, Нидерландов, ФРГ и Европейского космического агентства. Установлен также ультрафиолетовый телескоп «Глазар», созданный в СССР при участии швейцарских ученых.

На модуле «Квант» находится и электрофоретическая установка «Светлана» для получения в условиях невесомости опытных партий сверхчистых биологически активных веществ.

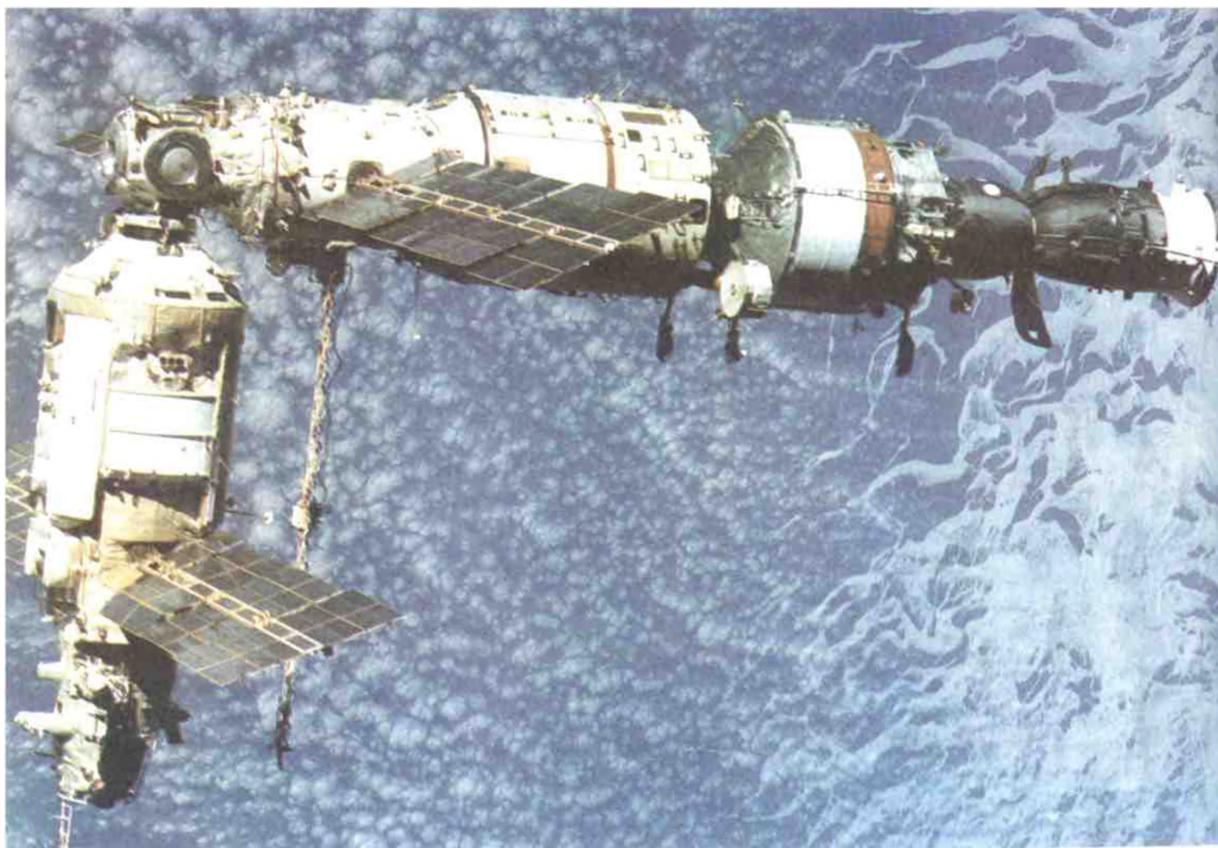
На «Кванте» установлены уже упоминавшиеся нами гироскопы — 6 динамических гироскопов, подвешенных в магнитном поле.

Система гироскопов позволяет получить высокую точность ориентации орбитального комплекса и резко повысить длительность ориентированного полета, а это необходимо для успешного использования научных приборов «Кванта» и лучшего освещения панелей солнечных батарей всей станции.

Тут нужно вспомнить, что на «Салютах-6» и «-7», где для ориентации использовались только реактивные двигатели, это требовало немалых затрат топлива. Так, при 6—8 доставлявших топливо грузовых «Прогрессах» в год «Салют» мог летать в ориентированном положении только 5—10% от всего времени работы на орбите. Гироскопная система управления движением станции дает существенную экономию.

Интересно, что опыт гироскопной системы позволяет получить важную отдачу и в земных условиях — при разработке магнитных подшипников для турбогенераторов и других машин. При испытаниях до полета силовые гироскопы наработали без отказов 10 000 ч!

При стыковке «Кванта» с базовой станцией «Мир» стягивание этих двух объектов произошло не полностью. Было сделано несколько попыток выяснить причину, «дотянуть» стык, но вскоре стало ясно: без выхода в открытое пространство, без помощи космонавтов непосредственно на месте не обойтись. Романенко и Лавейкин собрали в мешок разный инструмент, облачились в скафандры и отправились по наружной поверхности станции в «экспедицию» к стыковочному узлу на торце агрегатного отсека. По команде с Земли штанга стыковочного узла «Кванта» была на десяток-другой сантиметров оттянута, и Лавейкин начал по кускам отдиравать мягкий посторонний предмет от приемного конуса стыковочного узла станции «Мир». Это был капроновый пакет со



Комплекс «Мир» — «Квант» — «Квант-2» — «Союз ТМ» в полете средствами личной гигиены, который при загрузке грузового «Прогресса» отработанными материалами, так сказать, «самодельно» выплыл из орбитального отсека и зацепился в конусе. Вот какие непредвиденные детали порой могут оказать серьезное влияние на ход космического полета!

После работы Лавейкина и Романенко по команде с Земли было произведено полное механическое сцепление «Мира» и «Кванта», соединение их гидравлических, пневматических и электрических систем. «Квант» стал частью орбитального комплекса «Мир» — «Квант» — «Союз ТМ» массой 51 т и длиной 35 м, а через несколько дней ко второму стыковочному узлу «Кванта» пристыковался еще и «Прогресс-29», доставивший различные материалы, а затем он был отстыкован, и станция приняла новый грузовик «Прогресс-30». Очень оживленно работала весной 1987 г. трасса Земля — «Мир»!

В июне этого года Романенко и Лавейкин дважды выходили в открытый космос и, используя доставленные в разобранном виде с Земли элементы, смонтировали на поверхности «Мира» третью солнечную бата-

рею, что позволило значительно увеличить мощность систем электропитания орбитального комплекса.

Астрофизические исследования, выполненные с помощью приборов «Кванта», дали значительные результаты. Особенно важны наблюдения сверхновой звезды в Большом Магеллановом Облаке.

Однако, наблюдая за звездами, космонавты не забывали и о Земле. Они по заказу геологов уточняли данные о нефтегазоносных районах Каспия, вели съемку геологических структур Сихотэ-Алиня и Кавказа, определяли степень загрязнения окружающей среды в районе городов Харькова, Оренбурга, Караганды, изучали экологическую ситуацию в Забайкалье, в районе Припяти, наблюдали за созреванием урожая в Поволжье, на Украине, в Средней Азии.

Много экспериментов космонавты Романенко, Лавейкин и Александров (Романенко в течение этого полета пробыл в космосе 326 суток! Примерно на половине этой марафонской дистанции бортинженера Лавейкина сменил Александров) провели по космической технологии — это отработка процессов по организации промышленного производства полупроводниковых материалов в условиях невесомости, эксперименты по получению тонкопленочных рулонных материалов, изучение скорости протекания химических реакций и др. Проведены интересные биотехнологические эксперименты — на установке «Айнур» наращивались большие однородные белковые кристаллы, на установке «Ручей» отработывалась технология получения лекарственных препаратов и т. д. Много было проведено медицинских исследований.

Ю. В. Романенко в течение всего длительного полета неотступно соблюдал методику физической подготовки и нагрузок в полете. До него космонавты практически программу физических нагрузок в полете не выполняли полностью — очень уж это хлопотно. Но Романенко — человек очень большой силы воли — не отступал от программы сохранения физической подготовки. И велоэргометр, и бегущая дорожка, и другие средства использовались в полной мере — и это принесло свои плоды: после приземления и перелета на космодром он сам сошел по трапу самолета, а уже на следующий день выполнял небольшие пробежки.

В конце декабря 1987 г. Романенко и Александров передали космическую вахту на борту орбитального комплекса новому экипажу — Владимиру Титову и Мусе Манарову. Смена экипажа проводилась «на ходу». Это имеет очень большое значение. Не приходится тратить время и силы на консервацию станции одним экипажем и расконсервацию ее следующим. Оба экипажа неделю работали вместе, программа исследований органически, без «скрипа» переходила из одних рук в другие.

Интересно коротко проследить путь на орбиту В. Титова. Очень уж он был тернист. И как хорошо, что настойчивость, сила воли, высокий профессионализм космонавта победили! В 1976 г. опытным летчиком пришел он в Центр подготовки космонавтов, успешно прошел весь курс подготовки, был одним из дублеров при старте на «Салют-7» Берегового и Лебедева. В апреле 1983 г. он вместе со Стрекаловым и Серебровым стартовал в космос — они должны были стать второй основной экспедицией на «Салюте-7». Однако вследствие неисправности радиотехнической системы сближения и стыковки «Игла», несмотря на все усилия эки-



Послеполетное медицинское обследование космонавта В. Титова

пажа и Центра управления полетом, состыковаться со станцией не удалось.

Через несколько месяцев Титов и Стрекалов вновь в космическом корабле на острие ракеты-носителя. И вновь неудача. На сей раз более опасная. Загорелась ракета на старте. Четко сработала система аварийного спасения. Ее двигатели «оторвали» космический корабль от носителя, и он благополучно приземлился в 4 км от стартовой площадки.

В январе 1987 г. был представлен экипаж второй основной экспедиции — теперь уже на станцию «Мир»... Но, уже незадолго до старта, на космодроме врачи не разрешили лететь напарнику Владимира Титова Александру Сереброву. На «Мир» улетели дублиеры — Романенко и Лавейкин, о работе которых мы рассказали выше.

Но вот, пройдя все препоны, Титов вместе с Манаровым в канун нового, 1988 года приняли станцию и проработали на ней целый год.

В. Титов и М. Манаров за год своего феноменального полета выполнили огромное количество наблюдений, исследований и экспериментов. Этому способствовала и рекордная длительность полета, и высокая работоспо-

способность космонавтов, и применение для стабилизации орбитального комплекса системы гироскопов, что позволило в 10 раз увеличить количество экспериментов, для проведения которых необходима определенная ориентация станции.

Космонавты приняли три экспедиции посещения — советско-болгарскую, советско-афганскую и советско-французскую, во время которой впервые вышел в космос французский космонавт Жан Лу Кретьен.

Манаров и Титов много работали с многочисленной астрофизической аппаратурой модуля «Квант» — они наблюдали рентгеновские источники Лебедь X-1, Лебедь X-3, пульсар Геркулес X-1, новую рентгеновскую звезду в созвездии Лисичка, исследовали с помощью ультрафиолетового телескопа «Глазар» созвездие Северной Короны, регистрировали рентгеновское излучение сверхновой звезды в Большом Магеллановом Облаке, вели съемки в ультрафиолетовой части спектра одной из областей в созвездии Льва.

Очень велик масштаб технологических экспериментов. Они проводились на установках «Корунд», «Кристаллизатор», «Янтарь» — по получению сверхчистых материалов, установки «Ручей» и «Светлана» использовались для получения особо чистых биологических препаратов, на установках «Пион», «Бирюза», «Анализ» проводились физико-технические исследования.

Всего этой экспедицией выполнено более 1,5 тыс. экспериментов по 100 различным направлениям. Право же, напрашивается сравнение с деятельностью большого, с необычно широкой тематикой научно-исследовательского института!

Экипаж трижды выходил в открытый космос, во время этих выходов были испытаны новые модернизированные скафандры.

В биотехнологическом эксперименте получены партии чистого интерферона, в которых полностью отсутствуют примеси.

Во время своей годичной экспедиции космонавты большое внимание уделяли исследованию природных ресурсов Земли и экологическим проблемам. Оценивалась степень зарастания Азовского моря водной растительностью, исследовались прибрежные районы пахотных земель, подверженные ветровой эрозии, проводились фотосъемки и спектрометрирование территорий Краснодарского и Ставропольского краев, районов Средней Азии. Много внимания было уделено уточнению экологической обстановки в бассейне Черного моря, в среднем и нижнем течении Волги, в районе Аральского моря.

В конце ноября 1988 г. на борт «Мира» прибыл советско-французский экипаж в составе Александра Волкова, Сергея Крикалева и Жан Лу Кретьена. После завершения программы «Арагац» совместного советско-французского полета Муса Манаров и Владимир Титов вместе с французским космонавтом вернулись на Землю, а вахту в космосе продолжили Волков, Крикалев и врач Валерий Поляков, прибывший на станцию в августе 1988 г. Смена прошла опять «на ходу», без консервации станции. Эта и три последующие основные экспедиции на «Мир» были рассчитаны на срок работы примерно по полгоду каждая — ученые считают, что это оптимальный срок высокопроизводительной работы космонавтов на орбитальном комплексе.



А. Волков и С. Крикалев ремонтируют один из блоков на борту станции «Мир»

Более длительный полет, который перекроет феноменальный результат Манарова и Титова и послужит новой ступенькой в приближении сроков пребывания в космосе к времени, необходимому для полета на Марс, будет предпринят только после самого всестороннего изучения результатов экспедиции Манарова — Титова, всестороннего анализа процесса их земной реабилитации.

Полностью выполнив программу полета, Волков, Крикалев и Поляков в конце апреля 1989 г. вернулись на Землю.

В последние недели перед посадкой экипаж заменил на станции все блоки, у которых закончился ресурс работы, на каждом замененном блоке было поставлено личное клеймо и дата замены.

Начался период работы станции в автоматическом режиме. Он был вызван разными причинами — тут и задержка с окончательной готовностью 2 новых модулей — «Д» (модуля дооснащения) и «Т» (технологического), и необходимость осмыслить уже полученные результаты работы «Мира», и другие причины.

Но вот в сентябре 1989 г. на станцию прибыл новый экипаж — космонавты Александр Викторенко и Александр Серебров. Они продолжили многочисленные исследования и эксперименты — и в области биотехнологии, и в астрофизике, и многие другие.

Но главная их работа связана с прибытием к комплексу «Мир» модуля дооснащения, названного «Квант-2».

Новый модуль имеет массу 19,5 т, его длина более 12 м. Он состоит из трех герметических отсеков — приборно-грузового, приборно-научного и шлюзового. На борту модуля — душ и устройство для умывания (их нет в базовом блоке «Мира», и космонавты вынуждены были обходиться обтираниями мокрыми полотенцами). Для многозональной съемки Земли из космоса на модуле установлена усовершенствованная фотоаппаратура МКФ-6МА, для отработки выращивания птиц в невесомости — биологический комплекс «Инкубатор-2». Установки «Электрон» и «Вика» позволяют производить кислород на борту методом электролиза.

На внешней поверхности «Кванта-2» установлена платформа АСП-Т-М с телевизионным видеоспектральным комплексом. Наводить телекамеры комплекса могут как космонавты, так и операторы из Центра управления полетом. Специалисты различных отраслей народного хозяйства смогут наблюдать различные объекты на поверхности Земли как бы непосредственно с околоземной орбиты.

На внешней поверхности блока находятся и панели ВЭП-3 и ВЭП-4, предназначенные для изучения воздействия факторов космического полета на различные конструкционные материалы. Тут же баки системы «Родник» с солидным запасом воды — 300 л. Их можно пополнять водой, доставляемой грузовыми «Прогрессами».

Как и на первом «Кванте», на новом модуле установлено шесть гиродинов, которые помогут стабилизировать комплекс «Мир».

Шлюзовой отсек предназначен для выхода в открытый космос. Он гораздо просторнее переходного отсека базового блока станции «Мир», через который космонавты многократно выходили в космическое пространство до появления в составе комплекса модуля «Квант-2». Больше по размерам и люк для выхода в космос.

В шлюзовом отсеке хранятся скафандры нового типа «Орлан-ДМА» с автономными средствами связи, индивидуальная система передвижения в космосе, прозванная журналистами «космическим велосипедом», различное оборудование и инструмент, необходимые для работы в открытом космосе.

Новый скафандр «Орлан-ДМА» заметно отличается от тех, в которых космонавты ранее выходили в открытый космос, — «Беркута», «Ястреба», прежних модификаций «Орлана». Все прежние скафандры соединялись с кораблем или станцией прочным кабелем, через который от бортовых систем управлялось жизнеобеспечение в скафандре, контролировалось физическое состояние космонавта. В новом скафандре решена проблема

Скафандр для работы
в открытом космосе



независимого существования человека в открытом космосе в течение 6 ч. В скафандре имеется система электрического питания с собственными аккумуляторами, система радиосвязи, система телеметрического контроля, следящая за 40 параметрами скафандра.

СПК (система перемещения в космосе) представляет собой кресло-оранец, оснащенное 32 реактивными микродвигателями. Через их сопла выбрасывается сжатый воздух, запас которого хранится в двух смонтированных на кресле титановых баллонах под давлением в $3,5 \cdot 10^7$ Па. Система реактивных сопел позволяет перемещаться с места в четырех направлениях, разворачиваться во всех трех плоскостях.

Тонкий (всего 3 мм в диаметре), но очень прочный синтетический страховочный трос позволяет космонавту на «космическом велосипеде» удалиться от станции на расстояние 46 м. Главное назначение СПК — монтажные работы в открытом космосе. В будущем он может использоваться для осмотра на орбите состояния теплозащитных плиток корабля многоразового использования «Буран», осмотра и ремонта больших орбитальных комплексов, каким обещает быть, например, станция нового поколения «Мир-2».

Модуль «Квант-2» был выведен на орбиту 26 ноября 1989 г. ракетой-носителем «Протон». Его стыковка с комплексом «Мир» удалась не сразу. Не полностью раскрылась одна из двух его десятиметровых панелей солнечных батарей. Эту заминку удалось преодолеть.

Однако стыковка 2 декабря не состоялась. Параметры сближения «Кванта-2» и комплекса «Мир» вышли за пределы заданного режима, и автоматика прервала процесс. В Центре управления полетом проанализировали ситуацию, произвели математическое моделирование и эксперименты на наземных стендах, рассчитали режимы необходимых динамических операций. Были включены двигатели «Кванта-2» и произведена необходимая коррекция орбиты. 6 декабря 1989 г. «Квант-2» состыковался с «Миром».

А 8 декабря впервые произошла перестыковка «Кванта-2» с осевого на один из четырех боковых стыковочных узлов — его постоянное штатное место. Для этого находящийся на модуле механический манипулятор прочно зафиксировался в специальном гнезде около стыковочного узла на переходном отсеке станции «Мир». После этого модуль отстыковался от осевого стыковочного узла и железная рука манипулятора бережно перенесла эту махину на боковой узел. И все это автоматически, но под бдительным надзором операторов с Земли из ЦУПа и космонавтов с борта станции. Да, строительно-монтажные работы в космосе все больше становятся реальностью!

После стыковки с «Квантом-2» масса орбитального комплекса достигла 63 т.

Александр Викторенко и Александр Серебров перешли в модуль «Квант-2», тщательно обследовали новую часть своей многокомнатной космической квартиры-лаборатории. Через несколько дней они, облачившись в скафандры, отстыковали свой транспортный корабль «Союз ТМ-8» от астрофизического модуля «Квант», облетели вокруг всего комплекса, внимательно его осмотрели снаружи и вновь пристыковались с противоположной стороны — к осевому стыковочному узлу переходного отсека станции, где ранее находился «Квант-2». Во время маневрирования на орбите, причаливания и стыковки экипаж управлял кораблем вручную. В январе 1990 г. космонавты работали на комплексе, используя все его блоки.

Космонавты Александр Викторенко и Александр Серебров испытали новые скафандры «Орлан-ДМА» во время выходов в космос, а затем, 1 февраля 1990 г., А. А. Серебров впервые испытал СПК в открытом космосе. Он удалялся от станции на 33 м.

В середине февраля на комплексе «Мир» сменился экипаж. Александр Викторенко и Александр Серебров передали космическую вахту Анатолию Соловьеву и Александру Баландину, а сами 19 февраля вернулись на Землю.

На «Мире» заработала шестая основная экспедиция.

В наши дни, когда все мы учимся рационально вести хозяйство, очень важно отметить, что это первая экспедиция, во время которой доходы от полета превышают расходы на его проведение. Так, по подсчетам специалистов, затраты на экспедицию составляют около 80 млн. рублей, доход — 105 млн. рублей.

А. Серебров и А. Викторенко во время подготовки к полету осваивают СПК — систему перемещения в космосе



В связи с этим интересно привести и другие цифры — за 1989 г. наши расходы на мирные космические программы составили 1,3 млрд. р., а экономический эффект — 2 млрд. р.

Значительные доходы начала приносить наша космонавтика и в валюте за услуги, оказываемые зарубежным странам.

Программа полета Соловьева и Баландина была насыщена различными экспериментами.

В марте космонавтов порадовали своим писком птенцы японского перепела, которые вывелись в инкубаторе на борту станции.

Очень важный момент — прибытие к орбитальному комплексу третьего модуля — «Кристалла».

Технологический модуль предназначен для проведения технологических и научных экспериментов по материаловедению, на нем начинается опытно-промышленное производство высококачественных полупроводни-

ковых материалов, которые очень важны для быстрого развития микроэлектроники. Эти материалы производятся на установке резисторного нагрева «Кратер-3», лучевого нагрева «Оптисон 1», установках «Зона 02» и «Зона 03».

На универсальном электрофоретическом комплексе «Айнур» ведется высокопроизводительная очистка медицинских белковых препаратов — синтетического человеческого интерферона, антигенов, а также различных вирусов для приготовления вакцин и сывороток.

Аппаратура «Природа 5» предназначена для фотографирования земной поверхности в интересах народного хозяйства. На оранжерее «Свет» ведутся эксперименты по технологии выращивания овощей в космическом полете.

«Глазар-2» служит для получения снимков звездного неба в ультрафиолетовом диапазоне длин волн.

Модуль «Кристалл», как и «Кванты», имеет массу около 20 т, его длина около 12 м. Он состоит из двух герметичных отсеков — приборно-грузового и переходно-стыковочного. Переходно-стыковочный отсек состоит из цилиндрической и сферической частей. На сферической части смонтированы два новых андрогинно-периферийных стыковочных узла АПАС-89, такого типа, который использовался в 1975 г. при стыковке нашего «Союза» с американским «Аполлоном».

К такому узлу в будущем должен пристыковаться многоразовый космический корабль «Буран».

В августе 1990 г. Соловьева и Баландина сменили на борту «Мира» два Геннадия — Манаков и Стрекалов. Это была седьмая основная экспедиция на орбитальный комплекс. Космонавты «выплавили» в печах немало полупроводниковых кристаллов, отсняли значительную часть земной поверхности, в ходе биотехнологических экспериментов «Рекомб», «Биокрист» и «Вита» произвели новые клетки и белки с заданными свойствами, монокристаллы белков.

В канун нового, 1991 г. на корабле «Союз ТМ-11» стартовали в космос Виктор Афанасьев, Муса Манаров и японский космонавт, журналист Тохиро Акияма. 4 декабря 1990 г. они ступили на борт комплекса «Мир». Это был первый коммерческий полет иностранного гражданина на советских космических кораблях и станциях. Тохиро Акияма после недельного полета вернулся на Землю вместе с Манаковым и Стрекаловым, а Афанасьев и Манаров — восьмая основная экспедиция на «Мир» — продолжили ответственную и многотрудную вахту на орбите.

Именно они сумели полностью отремонтировать выходной люк на «Кванте-2», который много месяцев не давал покоя и космонавтам и наземным службам, провели важные монтажные и ремонтные работы в открытом космосе, куда они выходили за этот полет четыре раза.

В мае 1991 г. на «Мир» прибыла девятая основная экспедиция — Анатолий Арцебарский, Сергей Крикалев и космонавт-исследователь из Великобритании Хелен Шарман. Арцебарский и Крикалев выполнили ряд важных экспериментов, шесть раз выходили в открытый космос.

В октябре 1991 г. к комплексу «Мир» причалил корабль «Союз ТМ-13». На его борту были командир десятой основной экспе-

диции Александр Волков — это был его третий космический полет, космонавт-исследователь, заслуженный летчик-испытатель из Казахстана Токбар Аубакиров и гражданин Австрии космонавт-исследователь Франц Фибек. Аубакиров и Фибек вернулись на Землю 10 октября вместе с Анатолием Арцебарским, а вахту на «Мире» вместе с Волковым продолжил неутомимый Крикалев, которому пришлось остаться на второй срок. Они продолжили трудоемкие эксперименты по материаловедению, исследования по астрофизике и геофизике и т. д.

Одиннадцатая экспедиция на «Мир» стартовала 17 марта 1992 г. Для ее командира Александра Викторенко это третий космический старт. Бортинженер Александр Калери. Космонавт-исследователь — военный летчик из Германии Клаус-Дитрих Фладе. Экспедиция выполнила большой объем работ по биотехнологии, медицине, материаловедению. Фладе вскоре вернулся вместе с Волковым и Крикалевым на Землю.

В июле 1992 г. на «Мир» прибыли полковник Анатолий Соловьев (это его третий космический полет), бортинженер Сергей Авдеев и космонавт-исследователь полковник французских ВВС Мишель Таниньи, который в 1988 г. был дублером Жан Луи Кретьена. Программа «Антарес» российско-французского коммерческого полета была успешно выполнена.

Впоследствии к орбитальному комплексу «Мир» предполагается пристыковать еще два модуля — оптический и экологический. Они носят название «Спектр» и «Природа».

А на очереди уже работа над новой грандиозной орбитальной станцией «Мир-2». Это будет крупногабаритная многофункциональная станция блочно-модульной конструкции. Ее части будут выводиться на орбиту для сборки в космосе мощной ракетой-носителем «Энергия».

10 Работа в открытом космосе

Еще в самом начале эры пилотируемой космонавтики стало ясно, что проникновение человека в космос не может ограничиться пребыванием внутри космического корабля. В марте 1965 г., всего через 4 года после первого пилотируемого космического полета в истории человечества, совершил полет по околоземной орбите корабль «Восход-2», из которого тоже впервые в истории человек вышел в открытый космос, шагнул за борт корабля, в космическую бездну.

На корабле «Восход-2» была смонтирована шлюзовая камера. На участке выведения на орбиту она находилась в сложенном состоянии, а на орбите надувалась и приводилась в рабочее состояние. Одним люком она сообщалась со спускаемым аппаратом корабля, другим — с открытым космосом. И вот через эту шлюзовую камеру молодой летчик Алексей Леонов вышел из корабля в открытое космическое пространство. Он был облачен в скафандр с автономной системой жизнеобеспечения. Он находился в условиях открытого космического пространства 20 мин, в том числе 12 мин и 9 с вне шлюза, удаляясь от корабля на расстояние до 5 м, с кораблем его связывал фал. И происходило это на высоте около 500 км над Землей при скорости 28 000 км/ч.

К этому полету долго, напряженно и тщательно готовились командир корабля Павел Беляев и Алексей Леонов. Подготовка началась еще в 1962 г., в конце 1963 г. Леонов по просьбе Королева впервые «проиграл» выход в космос на Земле. Целых 2 ч потребовалось тогда на демонстрацию этой операции. Затем последовали годы скрупулезной отработки программы полета. Выход в космос отрабатывался из корабля, находящегося в барокамере, где создавалось разрежение, характерное для шестидесятикилометровой высоты, т. е. разгерметизация скафандра или корабля грозила гибелью, как и в космосе.

Неоднократно отрабатывались элементы выхода и в самолете-лаборатории Ту-104 при кратковременной невесомости. Над многим задумывались перед этим полетом и медики, и психологи. Как выдержит разум и воля человека это испытание? Ведь еще Циолковский писал: «Страшно в этой бездне, ничем не ограниченной, и без родных предметов кругом. Нет под ногами земли, нет и земного неба».

Первый человек в открытом космосе — Алексей Леонов — справился с задачей. Он вспоминает: «Сначала осторожно и даже робко отпускал фал, связывавший меня с кораблем, потом все смелее. Наконец отошел от корабля на всю длину фала. Почему-то все время тянуло к кораблю, хотя я отлично понимал, что мы вместе летим с одинаковой космической скоростью».

Этот полет положил начало работам в открытом космосе, которые необходимы и для ремонтных операций, и для монтажа в будущем космических поселений, электростанций и заводов.

Значение этого подвига так оценил Королев: «Полет Юрия Гагарина открыл эпоху космической навигации. А эпоха работы человека в свободном космосе началась в тот мартовский день, когда А. А. Леонов шагнул из шлюза в открытое пространство и свободно поплыл в нем».

За прошедшие годы многие космонавты выходили в открытый космос, нередко долго работали там, есть уже и такие «асы», кто работал на орбите вне корабля по 4—6 и даже 8 раз!

Евгений Хрунов и Алексей Елисеев перешли через открытое пространство из одного корабля «Союз» в другой в 1969 г. Но особенно много работ вне космического аппарата было выполнено на станциях «Салют-6», «Салют-7» и «Мир» за последние 14 лет (1977—1992 гг.). Георгий Гречко и Юрий Романенко осматривали состояние стыковочного узла и внешних элементов станции «Салют-6», проверяли новые скафандры для выхода в открытый космос. Александр Иванченков и Владимир Коваленок демонтировали и заменили часть научной аппаратуры, расположенной на внешней поверхности станции. Валерий Рюмин и Владимир Ляхов удалили антенну радиотелескопа КРТ-10, зацепившуюся за крест стыковочной мишени на агрегатном отсеке, что было важно для возможности последующих стыковок со станцией, они демонтировали приборы для регистрации микрометеоров и панели с образцами различных конструкционных, теплозащитных, полимерных и оптических материалов, которые долго испытывались в условиях открытого космоса. Анатолий Березовой и Валентин Лебедев сняли с поверхности станции «Салют-7» кассеты с конструкционными и органическими материалами, уже более 100 дней находившиеся в открытом космосе. Это кассеты «Медуза» с биополимерами, кассеты «Эталон» с образцами специальных оптических и терморегулирующих покрытий, панель «Эласт» с образцами различных резин, панель «Компласт» (неметаллические материалы). Взамен снятых образцов были установлены новые.

Космонавты установили на внешней поверхности станции сборку механических соединений звеньев трубопроводов, набор резьбовых соединений типа «болт — гайка» из различных металлов (блок «Исток»). Они специальным инструментом развинчивали и завинчивали эти соединения. В будущем подобную работу надо будет выполнять при сборке космических конструкций на орбите.

Космонавты проработали в открытом космическом пространстве 2 ч 33 мин.

Мы упомянули, что эксперимент по работе с резьбовыми соединениями в открытом космосе назывался «Исток». Истоком по-русски называется начало чего-либо, например исток реки, начальные, отправные элементы какого-либо направления в науке.

Однако, оказывается, у названия «Исток» в данном случае другое происхождение. Это аббревиатура по начальным буквам словосочетания «Исследование технологических операций в космосе». Какое удачное совпадение! Ведь это действительно начальные опыты, истоки будущих

операций по монтажу на околоземных орбитах больших и сложных сооружений — космических производственных комбинатов, электростанций, стартовых площадок для проникновения в глубь Солнечной системы.

А для любых монтажных работ нужен инструмент. Но для работы в космосе обычный инструмент малопригоден. Невесомость, работы в безопорном пространстве вносят тут очень существенные поправки.

Начнет космонавт отвинчивать винт отверткой, или завинчивать гайку, или работать сверлом — и сам завращается в противоположную сторону, соскоблится при неосторожном движении той же отвертки металлический заусенец с головки винта и будет парить в атмосфере космической станции, может попасть в дыхательные пути или глаз космонавта.

Если в 1969 г. Андриян Николаев и Виталий Севастьянов взяли с собой в полет на «Союзе-9» несколько инструментов общей массой 740 г, то у Березового и Лебедева были инструменты массой около 15 кг, и уже не обычные, а в космическом исполнении. Это и безреактивный молоток, который не отскакивает после удара, — его головка заполнена дробью, а ручка может служить и ломиком, и фиксатором; и резак, устроенный по принципу фруктового ножа, — он легко рассекает фалы, кабели и т. п., но не повредит, случайно задев, скафандр; и космический паяльник, работающий по принципу шариковой ручки, — во время пайки из паяльника под действием силы капиллярного притяжения выделяется специальный состав для пайки. Высокую оценку этому паяльнику дал Валерий Рюмин, которому довелось работать им на борту «Салюта-6».

Анатолий Березовой и Валентин Лебедев работали на внешней поверхности «Салюта-7» тоже необычным гаечным ключом, да и болты были в эксперименте необычные. В центре головки у них отверстие, а по бокам сферические углубления. На конце ключа — стержень, который входит в отверстие головки болта, и шарики, входящие в углубления. При такой конструкции болт отворачивается значительно легче, не появляются заусенцы.

Был на «Салюте-7» и принципиально новый электромеханический инструмент — технологический многоцелевой безреактивный привод с комплектом насадок. Они дают возможность сверлить, отворачивать винты, отрезать кромки металла, перерубать металлические прутья, выполнять еще ряд операций, не воздействуя на работающего этим инструментом человека.

В начале ноября 1983 г. два выхода в открытый космос с борта станции «Салют-7» совершили Александр Александров и уже побывавший в открытом космосе ранее Владимир Ляхов. Они проработали около 3 ч каждый раз и установили две дополнительные секции на центральную панель солнечных батарей станции, что позволило улучшить энергоснабжение ее многочисленных систем и приборов.

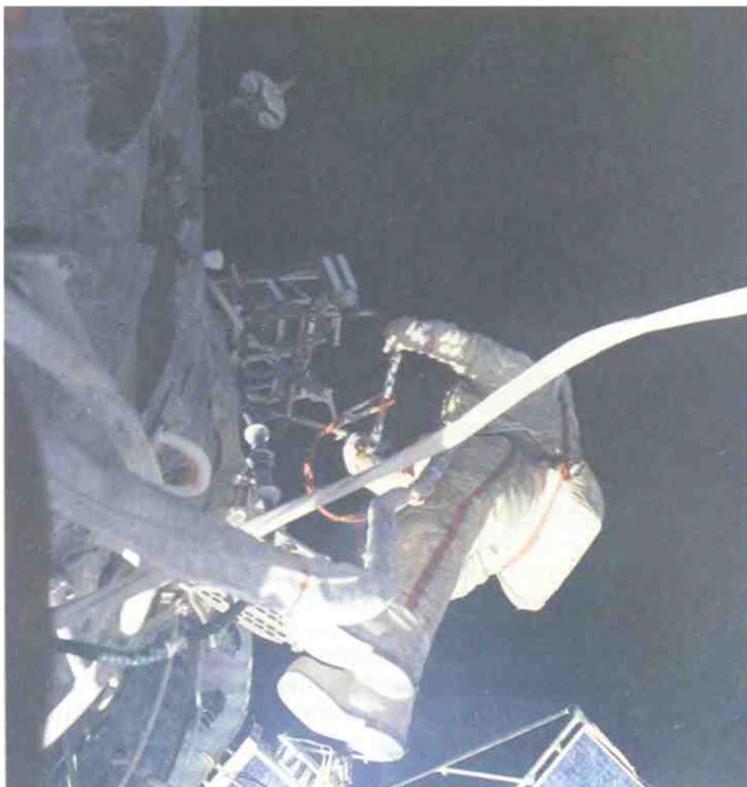
Они отлично справились с этой работой, и в значительной мере — благодаря тщательной подготовке к операции. Во время предполетной подготовки они много раз проигрывали предстоящую работу на макете «Салюта» в гидролаборатории Звездного городка. Кроме того, одновременно с их работой на орбите синхронно эти же операции выполнялись дублерами в том же бассейне, они готовы были в любую минуту дать нужные рекомендации труженикам космоса.



А в апреле — мае 1984 г. все рекорды открытого космоса побили Владимир Соловьев и Леонид Кизим — 5 раз выходили они в космос, отдельные выходы продолжались по 4—5 ч!

Космонавты оборудовали на внешней поверхности агрегатного отсека специальное рабочее место — перенесли туда из станции и установили специальный трап, контейнеры с инструментами и материалами, был вскрыт защитный экран станции, проведен ремонт резервной топливной магистрали объединенной двигательной установки «Салюта-7», установлена дополнительная магистраль двигателей, восстановлено теплозащитное покрытие. Во время пятого выхода были установлены две дополнительные секции площадью по 4,6 м² каждая на боковую панель солнечных батарей станции.

Вскоре прибывшие с очередной экспедицией посещения Владимир Джанибеков и Светлана Савицкая вслед за своими товарищами тоже отправились работать на внешнюю поверхность станции. Надо напомнить, что на этот раз впервые в мире вышла на работу в открытый космос женщина. Джанибеков и Савицкая выполнили уникальный эксперимент с технологической установкой — универсальным ручным инструментом — УРИ, созданной в Институте электросварки Академии наук Украины. Установка состояла из электронного блока, пульта



Работа в открытом космосе

управления, четырех планшетов, на каждом из которых по шесть образцов различных материалов. С помощью электронной «пушки» с двумя стволами космонавт выполняет резку, сварку, пайку и напыление образцов. Испытания прошли успешно, и, надо полагать, установке еще предстоит в будущем потрудиться на космических орбитальных стройках.

Все орбитальные работы Савицкой, Джанибекова, Кизима, Соловьева, как вы уже, конечно, понимаете, предварительно многократно и тщательно отработывались в гидробассейне Центра подготовки космонавтов.

Космонавты проводят тренировки в Звездном, в различных организациях, на море, в тайге, на космодроме. Но время идет, жизнь вносит все новые коррективы. И вот уже тренировки к работам на орбите шагнули... в космос, на борт орбитальной станции.

Блестяще выполненные пять выходов в открытый космос, высокая работоспособность экипажа, установленное «своим» бортовым врачом-космонавтом Олегом Атьковым хорошее состояние Кизима и Соловьева позволили поручить им еще один выход в открытый космос в этом уникальном длительном полете, поручить работу по дальнейшему ремонту объединенной двигательной установки станции. Им предстояло вновь отправиться к агрегатному отсеку и герметически «пережать» один из трубопроводов. На Земле был изготовлен специальный инструмент, его

опробовали в гидробассейне, составили технологическую карту предстоящей работы. Затем на орбиту на борт «Салюта-7» доставили макет фрагмента двигательной установки, инструмент, инструкции, и Владимир Соловьев и Леонид Кизим начали отрабатывать предстоящую операцию. Джанибеков, прибывший с экспедицией посещения, передал свой опыт, полученный в гидробассейне, где он тренировался с этим инструментом. Кизим и Соловьев отрабатывали операцию внутри станции сперва в обычных своих рабочих костюмах, а затем и в скафандрах. И наконец, они отлично выполнили эту ответственную и важную работу во время своего шестого в этом полете пятичасового выхода из станции.

Им пришлось вскрыть теплозащитный экран на торце агрегатного отсека, установить аккумулятор давления и металлические рукава, а затем специальное пневматическое устройство герметически пережало трубопровод усилием в пять тонн. В этом же выходе они вырезали из солнечной батареи часть панели, чтобы на Земле ученые могли провести исследования процесса старения элементов батареи.

Итак, Леонид Кизим и Владимир Соловьев впервые в мире совершили 6 выходов на работу в открытый космос и трудились на внешней поверхности станции в общем почти 23 ч (22 ч 50 мин)!

Но и этот выход был не последним. Они продолжили работы в открытом космосе уже во время следующего своего полета, прибыв на сей раз на борт «Салюта-7» не прямо с космодрома, а с новой станции «Мир». Об этом мы немного рассказали в предыдущем разделе.

Другие космонавты во время последующих полетов выходили для работы в открытый космос уже с борта станции «Мир». Об экстренном выходе Романенко и Лавейкина для приведения в порядок стыковочного узла модуля «Квант» читатель уже знает.

Мы упоминали и об установке ими новой солнечной батареи на поверхности «Мира» во время второго и третьего выходов в космос. Работа эта была тоже непростой и весьма важной. Установленная ими солнечная батарея — большая и весьма массивная конструкция. Площадь ее фотоэлементов — 22 м², а масса батареи — 340 кг. Результат этой операции — увеличение мощности солнечной электростанции «Мира» с 7,7 до 10,1 кВт.

Работы в открытом космосе по совершенствованию системы электрооборудования станции продолжил и следующий экипаж «Мира». В феврале 1988 г. Владимир Титов и Муса Манаров смонтировали новую экспериментальную секцию солнечной батареи.

Во время второго и третьего выходов из станции Манаров и Титов произвели ремонт рентгеновского телескопа ТТМ на астрофизическом модуле «Квант». Был заменен блок-детектор, созданный голландскими и английскими специалистами. Надо сказать, что такая замена первоначально не предусматривалась и для ее выполнения космонавтам пришлось, как говорится, поработать. Начать с того, что двадцатиметровый путь от переходного отсека, из которого выходят в космос, до места работы не оборудован точками фиксации, трапами, поручнями; с собой пришлось перетаскивать сам детектор (цилиндр диаметром 50 и высотой 20 см, массой 62 кг), связки кабелей, поручни, инструментальные наборы.



М. Манаров готовится к выходу в открытый космос

Чтобы оголить место установки детектора, пришлось вскрывать двадцатислойную экранно-вакуумную облицовку модуля «Квант». После того как космонавты зафиксировались у места работы, они с этой операцией успешно справились, а вот срезать винты кабельных разъемов у старого детектора и открыть замок крепления его к «Кванту» в течение этого выхода так и не удалось (а выход длился 5 ч!).

Работа была завершена лишь во время еще одного выхода в космос.

На переходном отсеке космонавты установили антенну для любительской радиосвязи и крепежное устройство для предстоящей работы в открытом космосе советско-французского экипажа.

Выход этот состоялся 9 декабря 1988 г. В космическую бездну отправились советский космонавт Александр Волков и француз Жан Лу Кретьен. Прибывший на станцию вместе с ними Сергей Крикалев и «долгожители» Титов и Манаров обеспечивали работу внутри станции. Кретьену и Волкову нелегко дался эксперимент ЭРА (аббревиатура названия эксперимента — «Элемент раскрывающейся антенны»). Они установили в сложном виде компактную конструкцию из углепластиковых трубок с шарнирными соединениями из легкого металлического сплава. При раскрытии она образует шестигранную ячеистую призму солидных размеров — до 4 м в наиболее широкой части. Такая конструкция в будущем может служить основой, платформой для больших антенн и других крупногабаритных сооружений. Однако раскрываться это устройство, созданное французской фирмой «Аэроспесиаль», не хотело очень долго. Но настойчивость космонавтов победила. Был выполнен и второй эксперимент — «Образцы». На наружной поверхности станции установлен блок для испытаний с образцами материалов, которые французы собираются использовать в своей космической программе.

За бортом станции «Мир» работает французский космонавт Ж. Л. Кретьен



Выход в космос продолжался около шести часов вместо запланированных 4 ч 20 мин. Были трудности и в самом конце — Кретьену не сразу удалось закрыть люк по возвращении в переходный отсек станции, ресурсы жизнеобеспечения скафандров были уже на пределе.

Каждый новый полет, каждый выход в космос убеждают — это далеко не прогулка, а очень трудная и опасная работа.

Но именно с работами в открытом космосе во многом связано будущее космонавтики.

Новый этап работ в открытом космосе открыл на орбитальном комплексе «Мир» экипаж Александра Викторенко и Александра Сереброва. Первые два выхода в открытый космос этих космонавтов носили, так сказать, обычный характер, хотя слово «обычный» очень мало подходит для определения работы в космической бездне за бортом орбитальной станции. Просто в течение этих выходов их работа не отличалась принципиально от работы за бортом других космонавтов. Они установили два звездных датчика, чтобы повысить точность системы ориентации орбитального комплекса, демонтировали и внесли внутрь станции образцы различных материалов, находившиеся длительное время на внешней поверхности под воздействием факторов открытого космиче-

ского пространства. Были установлены для испытаний космосом кассеты с образцами неметаллических материалов, на модуле «Квант» они закрепили аппаратуру «Арфа», предназначенную для исследований ионосферы и магнитосферы «Земли», они удалили с поверхности рабочего отсека станции крепежную платформу, которая использовалась для развертывания ферменной конструкции по программе советско-французского эксперимента «Эра», о котором мы рассказали выше.

Третий выход Серебров и Викторенко совершили 26 января 1990 г. уже не через переходный отсек «Мира», а с борта пристыкованного после драматических, сложных обстоятельств нового модуля «Квант-2». Они вышли в космос через относительно просторный — метрового диаметра — люк специального шлюзового отсека «Кванта-2», к тому же люк этот открывается не внутрь, как на переходном отсеке станции, а наружу, что еще увеличивает полезный объем шлюзового отсека.

Они испытали новый, полностью автономный скафандр «Орлан-ДМА», о котором мы уже упоминали, проверили работу его автономных средств связи и телеметрии, осмотрели наружную поверхность модуля «Квант-2». Около выходного люка они смонтировали специальное причальное устройство для работы с СПК — установкой автономного передвижения космонавта.

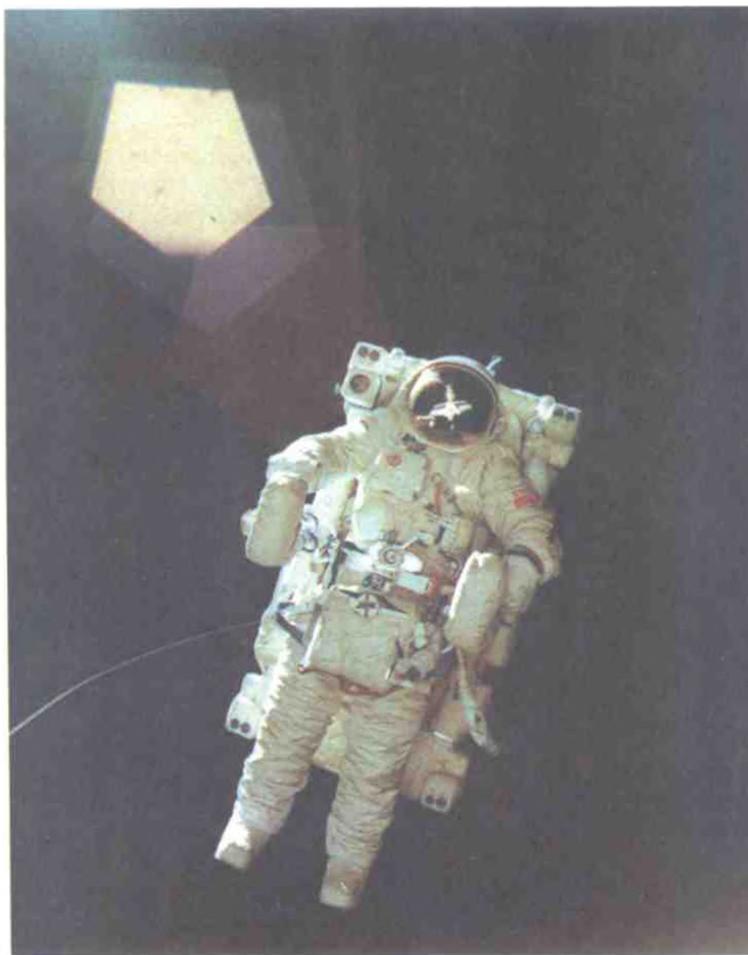
И вот 1 февраля 1990 г. прошли первые испытания СПК в открытом космосе. Серебров и Викторенко облачились в скафандры «Орлан-ДМА».

СПК, выполненная в виде ранца массой 218 кг, надежно скрепляется со скафандром и находящимся в нем космонавтом жестким поясом-шпангоутом. Теперь масса всей этой конструкции и человека в ней почти 400 кг. Но, поскольку действие происходит в невесомости, это не страшно — на рекорд по поднятию тяжестей Серебров не претендует. Викторенко помогает товарищу выбраться через открытый люк наружу и сам тоже выходит на внешнюю поверхность модуля. На кронштейне СПК закрепляется лебедка, соединенная тросом с орбитальным комплексом. Это страховка на непредвиденный случай. Ведь, если откажут микродвигатели СПК, станция не сможет подобрать космонавта — у нее ограничены возможности маневрирования в отличие от многоразовых транспортных кораблей — американских «Спейс-Шаттлов» и нашего «Бурана». В случае такой неприятности космонавт может вернуться к люку шлюзового отсека, используя лебедку и трос.

Александр Серебров отстыковался от причального устройства и, пользуясь пультами управления, которые установлены на поворотных телескопических штангах СПК, включал те или иные двигатели и начал маневрировать в открытом космосе. Во время этого выхода он удалялся от станции на 33 м, выполнял различные развороты, линейные перемещения, маневрировал в разных направлениях.

Впечатляющее это зрелище — маневрирующий в космосе человек с бортовыми огоньками на спине кресла! 5 февраля испытания СПК были продолжены. На сей раз на СПК летал Александр Викторенко. Он удалялся от станции на расстояние до 45 м, с помощью портативного автоматизированного спектрометра выполнил эксперименты по исследованию радиационной обстановки вблизи орбитального комплекса.

Испытания СПК прошли успешно.



У этого устройства большое будущее. Оно найдет широкое применение для работ в открытом космосе. «Гараж» для СПК предусмотрен и на одном из «Буранов».

В июле 1990 г. космонавтам Александру Баландину и Анатолию Соловьеву пришлось совершить незапланированный выход в открытый космос для ремонта мягкой части теплозащитного покрытия корабля «Союз ТМ-9», на котором им предстояло вернуться на Землю. Надо сказать, что кораблю не угрожала опасность сгореть при посадке, — его надежно защищал основной слой жесткой теплоизоляции. У мягкой изоляции другая задача — уменьшить перепады температур в корабле во время нахождения на орбите. Но отслоившиеся полотнища могли помешать при разделении отсеков во время спуска, и их надо было закрепить. Космонавты работали в открытом космосе более 6 ч, до предела использовали ресурсы скафандров и выполнили эту трудную работу.

Однако после возвращения в станцию (на модуль «Квант-2») их ждало новое испытание — не полностью закрылся люк в открытый космос. Пришлось несколько дней провести на орбите с разгерметизированным одним из отсеков модуля «Квант-2». Во время повторного выхода в открытый космос Анатолий Соловьев и Александр Баландин плотно закрыли капризный люк, но окончательно отремонтировать его удалось уже другому экипажу.

В октябре 1990 г. вышли в открытый космос Геннадий Стрекалов и Геннадий Манаков, они изрядно попотели у злополучного люка, выяснили, почему он упрямо не хочет по-настоящему закрываться.

И только Афанасьеву и Манарову после специальной наземной подготовки удалось провести серьезный ремонт — срубить поврежденный и установить новый кронштейн крышки люка. Наконец-то она заработала нормально!

Во время еще одного из выходов в открытый космос в январе 1991 г. они установили 14-метровую стрелу-лебедку для перемещения грузов на внешней поверхности комплекса с одного отсека на другой. Первым «грузом» при испытании этой стрелы был Муса Манаров.

Стрела хорошо помогала Афанасьеву и Манарову при следующих выходах за борт «Мира». Ею пользовались во время работ в открытом космосе и следующие экипажи.

Арцебарский и Крикалев провели уникальную работу по замене антенны системы «Курс», установили на модуле «Квант-2» экспериментальную монтажную ферму для оценки эффективности термохимических соединений при создании крупногабаритных конструкций в открытом космосе и сделали многое другое.

11 Космонавтов готовят в Звездном

Как отбирают космонавтов

«Восток» — первый в истории пилотируемый космический корабль — был по своему времени весьма сложным и совершенным аппаратом. Но если сейчас, через три десятка лет, поставить его рядом с орбитальным комплексом «Мир» — «Союз ТМ» — «Квант» — «Квант-2» — «Кристалл», впечатление будет примерно таким же, как при сравнении первых самолетов-«этажерок» с современными могучими авиалайнерами.

Быстро, очень быстро развивается космическая техника и многократно усложняются программы космических полетов.

Соответственно меняются и задачи космонавтов, совершенствуются методы их подготовки.

Во время первого космического полета человека Ю. А. Гагарин поддерживал радиосвязь с Центром управления полетом, сообщал о работе бортовых систем, о перегрузках, разделении ступеней ракеты-носителя, сбросе головного обтекателя. Он передал первые результаты наблюдения Земли с космической орбиты, следил за работой оборудования корабля и приборов, наблюдал за реакцией своего организма на невесомость, принимал пищу и воду. Все это было впервые, и все это было принципиально важно для будущих полетов.

Сейчас экипажи космонавтов, отправляясь в очередную экспедицию на околоземную орбиту, выполняют конкретные задания астрофизиков, биологов, медиков, делают тысячи снимков земной поверхности и акватории Мирового океана, определяют состояние посевов, предупреждают о лесных пожарах и тайфунах, помогают геологам в поисках нефти и других полезных ископаемых, испытывают новое снаряжение и новые технические системы, проводят многочисленные эксперименты по космической технологии.

Они разгружают периодически причаливающие грузовые транспортные корабли «Прогресс», демонтируют отдельные агрегаты и устанавливают новые, проводят профилактические и ремонтные работы на борту, работают в открытом космосе, ведут регулярные телевизионные передачи с борта станции и т. д. Всего просто не перечислить.

В процессе длительной и напряженной предполетной работы на Земле космонавты тщательно готовятся к выполнению всех этих многотрудных обязанностей. И большая часть их подготовки проходит во всемирно известном Звездном городке, в Центре подготовки космонавтов, который носит теперь имя Юрия Гагарина. По мере усложнения космических полетов и расширения задач, разрешаемых космонавтикой, все больше строится и развивается сам Центр подготовки космонавтов, он постоянно оснащается новой аппаратурой, в нем ведется большая научная работа по совершенствованию методов подготовки космонавтов.



Памятник Ю. А. Гагарину в Звездном городке

И все же можно выделить несколько основных направлений, которые всегда присутствуют при подготовке к полетам.

Это подготовка организма космонавтов к воздействию факторов космического полета, подготовка к управлению космическим аппаратом и эксплуатации бортовых служебных систем, подготовка к проведению испытаний космической техники в полете и выполнению экспериментов и исследований в космосе в интересах науки и народного хозяйства, подготовка моральная и психологическая.

Конечно, меняется удельный вес того или иного направления, меняются используемые для подготовки методы и технические средства.

Первые космические полеты человека должны были прежде всего дать ответ на вопрос: можно ли жить и работать в космосе? Поэтому главное значение имела подготовка организма космонавтов к воздействию перегрузок, к невесомости, к укачиванию. Широко использовались для подготовки термобарокамера, центрифуга, сурдокамера.

По мере получения данных корректировались старые или разрабатывались новые методы подготовки, новые технические средства. Так, например, после того как было выяснено, что в невесомости у космонавтов кровь приливает к голове, были разработаны новые методы наземной

тренировки организма для выработки компенсирующих реакций и созданы бортовые средства, уменьшающие прилив крови к голове.

После первого длительного полета выяснилось, что организм космонавтов после возвращения на Землю с трудом привыкает к земной гравитации. Были разработаны методы и средства подготовки космонавта до полета и его тренировки на борту космического аппарата, обеспечивающие безопасный переход от условий невесомости к условиям земного притяжения.

Меняются методы подготовки, меняется техника. Но остается требование отличного здоровья и высокой тренированности тех, кто собирается в космос, ибо космонавта ждет очень нелегкая работа в очень непривычных условиях.

И все начинается с предварительного отбора. Важный принцип отбора космонавтов — это непрерывность. Отбор начинается в амбулатории, продолжается в стационарном медицинском учреждении, идет в Центре подготовки, а заканчивается, по существу, только на космодроме.

На амбулаторном этапе выявляются явные заболевания и такие нарушения здоровья, которые делают невозможным участие в космических полетах, например низкая устойчивость вестибулярного аппарата человека.

На этапе отбора в стационаре могут быть выявлены скрыто протекающие заболевания, определяются особенности реакции организма на различные нагрузки, выявляются функциональные резервы организма. Испытания на центрифуге, в барокамере, специальные вестибулярные пробы позволяют более точно оценить работу сердечно-сосудистой системы, вестибулярного аппарата и других физиологических систем.

Очень важны исследования нервно-психической сферы. Они дают возможность предопределить, как космонавт поведет себя при необычных ситуациях, будет ли он собран, решителен и уверен в себе или ударится в панику.

В связи с тем что полеты теперь совершаются не в одиночку и длятся долго, важно предварительно оценить, как ведут себя кандидаты в космонавты в процессе совместной деятельности. Специалисты сформулировали весьма высокие психологические требования, которые предъявляются к человеку, избравшему профессию космонавта. Они связаны с необычными, часто экстремальными условиями космического полета.

Перегрузки, невесомость, ограничения подвижности, изменение привычных режимов сна и бодрствования, необычные условия отдыха, особенности микроклимата, приема пищи, санитарно-гигиенических условий — очень нелегко ко всему этому привыкнуть!

А чего стоит сознание того, что, несмотря ни на какие старания, абсолютная надежность и безотказность технических систем просто невозможна! И все это при понимании огромной ответственности за успех полета, при чувстве отрыва от Земли, при невозможности полного уединения, при возникающих иногда неопределенных ситуациях. Да и обязанности космонавта многообразны и сложны.

Для того чтобы успешно работать в подобных условиях (мы перечислили далеко не все!), кандидат в космонавты должен удовлетворять многим высоким профессионально-психологическим требованиям. Он должен

обладать сильным, уравновешенным, подвижным типом нервной деятельности; быть человеком зрелым, иметь высокие нравственные качества; самокритично относиться к себе и терпимо к окружающим; уметь переносить трудности, лишения, различные ограничения. Будущему космонавту очень нужны хорошая память, внимание, развитое творческое воображение. Совершенно необходима эмоциональная устойчивость к стрессовым ситуациям. А как помогает хорошее чувство юмора! Этот список можно еще и еще продолжить.

Те, кто прошел успешно через стационар, направляются в Центр подготовки космонавтов. Главная цель медицинской подготовки на данном этапе — повышение устойчивости организма к факторам космического полета.

Отбор космонавтов и их подготовка ведутся теперь дифференцированно, с учетом программы и продолжительности предстоящего полета, а также различных функций членов экипажа — командира, бортинженера или инженера-исследователя.

Дело в том, что после первых полетов, с усложнением космической техники, включением в программу полета многочисленных научных экспериментов и заданий в интересах народного хозяйства, обозначилось уже разделение космических профессий — командир летательного аппарата, бортинженер и инженер-исследователь. Правда, они еще очень универсальны, эти профессии, но нет сомнений, что в дальнейшем, по мере того как в космосе будет работать больше людей, эта дифференциация будет расти.

С включением в состав экипажей бортинженеров и космонавтов-исследователей, обычно уже имеющих значительный опыт работы с космической техникой, высокую инженерную квалификацию и специализацию по каким-то определенным проблемам, возникла необходимость более гибкого подхода к отбору и подготовке этой категории космонавтов.

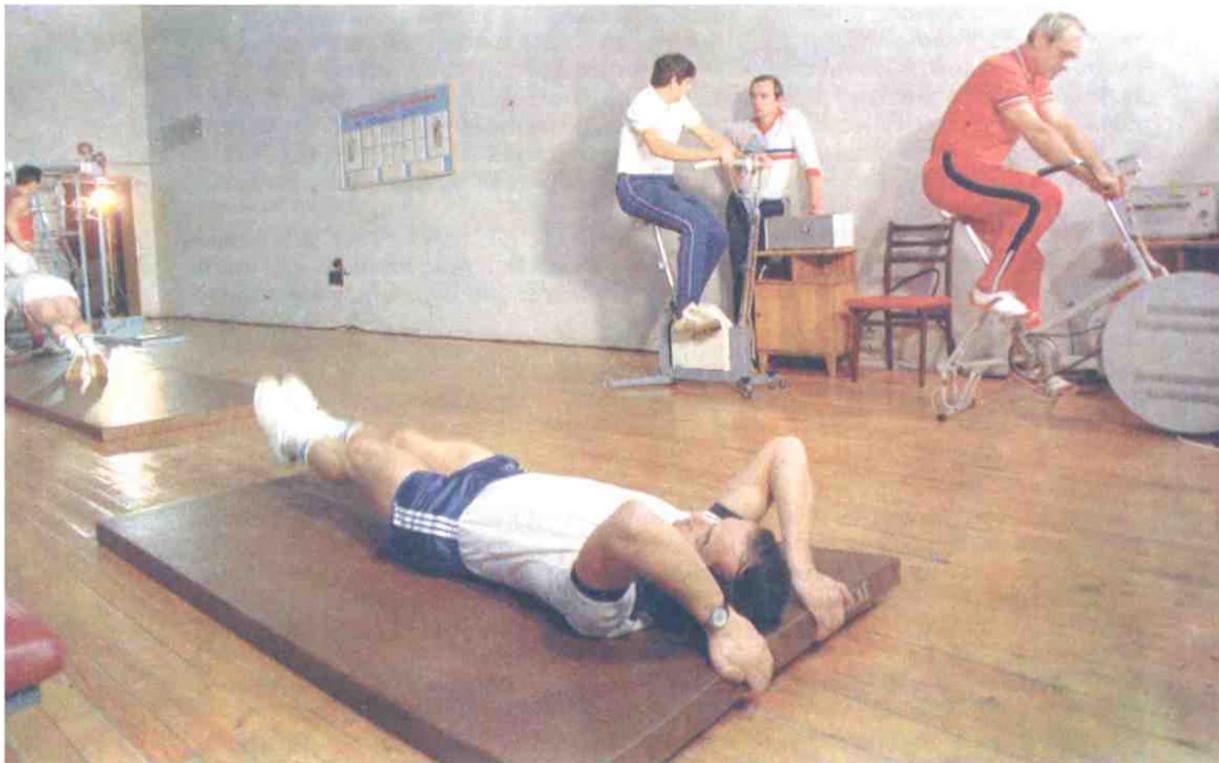
Еще в 1963 г., когда началась подготовка к космическим полетам на корабле «Восход», в группу космонавтов, помимо летчиков, по настоянию С. П. Королева были включены инженеры, научные работники, врачи.

Кандидаты на роль бортинженера и космонавта-исследователя — это чаще всего с точки зрения космической медицины уже «немолодые» люди, с невысоким уровнем физической подготовленности. Такие кандидаты проходят обычно достаточно длительный процесс укрепления здоровья и предварительной физической подготовки без отрыва от основной своей работы. В Центр подготовки космонавтов они направляются уже для непосредственной подготовки к полету в составе экипажа.

После полета они возвращаются к своей основной работе.

Так проходили отбор и подготовку космонавты Георгий Гречко, Валерий Кубасов, Николай Рукавишников, Виталий Севастьянов, Валерий Рюмин, Александр Иванченков, Владимир Соловьев и многие другие.

Отбор кандидатов в космонавты, однако, не ограничивается проблемами состояния здоровья и физической подготовки. Он включает также комплексную оценку их психологии, образовательного уровня, морально-нравственных качеств, взаимоотношений в коллективе, способности к адаптации в новой среде.



Космонавты на занятиях по физической подготовке

Опыт пилотируемых космических полетов, появление многоместных космических кораблей и орбитальных станций, наметившаяся начальная дифференциация космических профессий привели и к некоторому изменению принципов отбора космонавтов.

Некоторое снижение медицинских требований к физической подготовке сопровождается повышением требований психологического отбора — к способности успешно работать в составе экипажа, творческому потенциалу личности. По-прежнему очень высоки и всесторонни требования к командиру экипажа.

Чтобы повысить сопротивляемость организма к отрицательным факторам космического полета в процессе подготовки к нему, существует лишь два пути — повышение общей тренированности организма и тренировка путем неоднократного воздействия фактора, устойчивость к воздействию которого нужно повысить.

Принципы тренировок космонавтов такие же, как и закономерности тренировок вообще, — это индивидуальный подход к их интенсивности и длительности в соответствии с состоянием организма и предстоящей в полете работой; безусловно, лишь постепенное нарастание нагрузок и длительности; многократное воздействие тренировок.

Наряду со специальными упражнениями, использованием сложных технических устройств значительную роль играют физическая культура, водные процедуры, акклиматизация в горах средней высоты.

В физическую подготовку космонавтов включаются интенсивная утренняя зарядка, игра в футбол, волейбол, баскетбол, акробатика. Врачи считают, что арсенал средств физической подготовки должен быть самым разнообразным. Здесь и бег на короткие и длинные дистанции, и плавание — обычное и подводное, и гребля, и прыжки в воду с вышки, и лыжи, и велосипед, и теннис, и упражнения на спортивных снарядах, и атлетическая гимнастика — с гантелями, эспандерами, штангой.

Продолжительность ежедневных занятий по физической подготовке — 2 ч. Но большинство космонавтов уделяют спорту еще и дополнительное время в часы отдыха.

Опытные тренеры и инструкторы тщательно наблюдают за тренировками космонавтов, следят, чтобы не нарушался ритм занятий, чтобы не допустить травм. Причем врачи и методисты строго контролируют постепенность нарастания нагрузок, стремятся максимально индивидуализировать характер упражнений и тренировок.

Нужно сказать, что чисто физическая подготовка тесно переплетается с морально-психологической. Физическая подготовка не только развивает силу, быстроту, ловкость, выносливость, координацию движений, повышает устойчивость организма к перегрузкам, тренирует вестибулярный аппарат, но и способствует укреплению эмоциональной сферы человека. Такие упражнения, как прыжки в воду с вышки из необычных положений, сложные прыжки на батуте, выполнение дополнительных заданий во время вращения на лопинге, вырабатывают внимание и выдержку. Парашютные прыжки не только вырабатывают навыки управления телом в свободном падении, но и укрепляют силу воли и самообладание, учат принимать решение в условиях повышенных физических и эмоциональных нагрузок.

Еще в период полетов на кораблях «Восток», когда стала увеличиваться их длительность, потребовались проверки и постоянные тренировки космонавтов в сурдокамере — «комнате тишины».

Сурдокамера — изолированное звуконепроницаемое помещение без окон, в котором исследуются индивидуальные психологические особенности космонавта в условиях одиночества и полной изоляции от внешней среды. Испытания в сурдокамере позволяют оценить нервно-психическую устойчивость космонавта и определить его способность точно выполнять задания в этих необычных условиях.

В сурдокамере первые космонавты жили и работали по графику будущего полета, находились в ней по 7—10 сут. Надо сказать, что это большая нервная нагрузка. Тренировке в сурдокамере ранее уделялось большое внимание. Впоследствии, когда космонавты начали летать в космос на новых кораблях в составе экипажа, назначение сурдокамеры изменилось. Она в несколько преобразованном виде используется для изучения психологической совместимости членов экипажа, готовящихся к совместному полету.

Уже после первых полетов стала очевидна необходимость специальной целенаправленной тренировки вестибулярного аппарата космонавтов,

чтобы обеспечить его нормальное функционирование в условиях невесомости. Для этой цели в Звездном в медицинском корпусе смонтирован комплекс вестибулярных тренажеров, на которых космонавты проходят длительный цикл тренировок. Это различные вращающиеся кресла, качели и стенды.

Первые группы космонавтов проходили специальные тренировки в термокамерах, которые повышают устойчивость организма к высоким температурам, что могло оказаться важным в аварийных ситуациях. И сейчас тепловое воздействие в термокамере осталось в программе, но используется оно для оценки реакции сердечно-сосудистой системы. Термокамера напоминает финскую сауну, в которой температура на постоянном уровне $+60^{\circ}\text{C}$. Космонавт выдерживается в ней некоторое время, пока температура его тела не поднимется до заданного значения. Это предъявляет повышенные требования к сердцу. Пульс обычно значительно учащается. И в случае если сердце недостаточно тренированное, человек может впасть в шоковое состояние. Таким образом, термокамера, несмотря на свою бесхитростность и простоту, способна максимально выявить мобилизационные способности организма, наглядно продемонстрировать резервный запас его сил.

В барокамере космонавты испытываются и тренируются в условиях пониженного атмосферного давления. Во время «подъема на высоту» в барокамере приобретают навыки к работе в скафандрах в условиях, приближенных к реальным космическим. Барокамера представляет собой герметически закрывающееся помещение с насосной системой для создания значительного разрежения атмосферы.

В термобарокамере изменение давления может сопровождаться значительным изменением температуры.

Барокамера имеет довольно большие размеры, что позволяет разместить в ней макет космического корабля или отсеки орбитальной станции. Это дает возможность отрабатывать выход в открытый космос в скафандрах через реальные штатные люки, на которых такие же, как в реальном полете, замки и т. п.

В барокамере отрабатываются операции, которые предстоит проводить в открытом космосе, — осмотр внешней поверхности орбитальной станции, монтаж и демонтаж оборудования, расположенного на этой поверхности. В барокамере еще и еще раз проверяется надежность скафандров.

Перегрузки и невесомость

Для изучения влияния перегрузок, длительно действующих на космонавта во время выведения космического корабля на орбиту и при возвращении на Землю, и для тренировок к перегрузкам в Центре подготовки была построена центрифуга. Она оказалась также эффективным средством оценки здоровья космонавтов.

Центрифуга представляет собой стальную ферму, которая приводится во вращение мощным электродвигателем. На конце фермы закреплена гондола. По команде с пульта управления небольшие электродвигатели могут перемещать гондолу в шарнирах, придавая ей разные положения во время вращения всей центрифуги. За несколько секунд центрифугу



Центрифуга ЦФ-18

можно разогнать до очень высокой скорости и так же быстро остановить ее. Скорость кабины с космонавтом зависит, как это легко понять, от быстроты вращения и от длины плеча (фермы, на конце которой находится кабина). А получаемые ускорения и, следовательно, перегрузки — от окружной скорости и быстроты разгона и торможения центрифуги.

Систематические воздействия перегрузок при тренировках создают в центральной нервной системе человека новые условнорефлекторные связи, которые значительно повышают устойчивость организма к влиянию ускорений и вызванных ими перегрузок.

Космонавтов обычно тренируют на перегрузки в 10 единиц. В нормальном космическом полете перегрузки меньше, но имеется в виду возможность аварийного режима. Перегрузка в 10 g для хорошо тренированного организма безвредна. Но важно научиться не только переносить такую перегрузку, но и сохранять при этом хорошую работоспособность.

Первая центрифуга Звездного имела длину плеча 7 м.

Новая центрифуга, которая начала работать в 1980 г., расположена во внушительном специально построенном круглом здании. Когда попадаешь в огромный зал, впечатление такое, что вышел на городскую площадь. И неудивительно. Длина плеча центрифуги ЦФ-18 около 18 м, и, когда она начинает вращаться с большой скоростью, жутковато находится даже в зале, а не только в кабине.

Ж. Л. Крестьян в кабине
центрифуги



ЦФ-18 имеет две сменные кабины — одноместную и двухместную. При работе с одноместной кабиной ускорение может достигать 30 *g*, с двухместной — 20 *g*. В кабине могут размещаться объекты массой до 500 кг. Общая масса вращающейся системы составляет 300 т.

ЦФ-18 позволяет создавать разнонаправленные перегрузки и одновременно изменять в кабине температуру, влажность, атмосферное давление, газовый состав. Кабина представляет собой по существу небольшую термобарокамеру. Разрежение, которое может создаваться в кабине, соответствует подъему на высоту 40 км.

Во время вращения на пульта управления и контроля передается телевизионное изображение космонавта, показания всевозможных датчиков, в общем, весь комплекс параметров, характеризующих деятельность космонавта и функционирование его организма. На главный контрольный пульт врача поступают данные о частоте пульса, частоте дыхания, артериальном давлении в плече и мочке уха, кардиограмма, электромиограмма и даже рентгеноскопия внутренних органов испытуемого. И все это автоматически записывается (включая видеозапись) и может быть в любой момент воспроизведено.

Управление вращением ЦФ-18 осуществляется или в ручном режиме с пульта, установленного в кабине, или в автоматическом режиме, программа которого задается вычислительной машиной.

В Центре подготовки космонавтов центрифугу используют и при отборе кандидатов на космические полеты, и для проведения клинико-физиологических обследований космонавтов, и для тренировок на перегрузки, и для оценки возможностей космонавтов управлять пилотируемыми космическими аппаратами в условиях, максимально приближенных к полетным, особенно на участках выведения на орбиту и спуска на Землю.

Чтобы смоделировать работу космонавта при спуске с орбиты после пребывания в режиме невесомости или при возникновении аварийных ситуаций в полете, создают избыточное давление на нижнюю часть туловища космонавта, при этом сердечно-сосудистая система человека функционирует в режиме, характерном для невесомости, а затем космонавт подвергается перегрузкам, соответствующим режиму спуска корабля с орбиты. Все это происходит на центрифуге.

При испытании оборудования и приборов с перегрузками, слишком опасными для человека, место космонавта в кабине центрифуги занимают манекены.

Еще более серьезным испытанием для космонавтов, чем перегрузки, т. е. увеличение силы тяжести, оказалось исчезновение силы тяжести во время полета космонавта на околоземной орбите, т. е. пребывание в состоянии невесомости. Невесомость — наиболее существенный фактор, влияющий на космонавта в полете.

Очень кратковременное ощущение уменьшения веса можно, как и перегрузки (вспомним резкую остановку автобуса и катание на карусели), ощутить в повседневной жизни. Достаточно подпрыгнуть вверх, чтобы в какой-то мере ощутить это состояние. Хорошо чувствуется уменьшение веса при быстром опускании в лифте. Летчику и пассажирам самолета, делающего «горку», удастся ощутить, правда, весьма кратковременно, состояние полной невесомости.

При космических полетах состояние невесомости продолжается длительное время — практически все время полета (за исключением времени выведения корабля на орбиту и времени торможения и возвращения на Землю).

При невесомости теряют смысл понятия «верх» и «низ», нельзя определить, стоит человек или лежит, нужно приспособиться ко многим непривычным явлениям. Серьезную проблему представляет собой резкий переход от больших перегрузок к невесомости при запуске космического корабля и от невесомости к перегрузкам при его торможении, к земной гравитации после возвращения на Землю.

До полетов космонавтов, несмотря на многочисленные опыты в кратковременной невесомости на самолетах и опыты с животными на искусственных спутниках, были очень разноречивые суждения о том, как человек будет переносить невесомость. Полеты первых космонавтов засвидетельствовали — человек может переносить состояние невесомости, сохраняя работоспособность. Это, однако, не значит, что невесомость никак не влияет на организм. Еще Герман Титов, например, указывал, что в полете у него кружилась голова, его тошнило. Есть люди, которые даже при кратковременном состоянии невесомости не понимают, что происходит, теряют контроль над собой.

Информация, поступающая в мозг человека при состоянии невесомости, отличается от обычной. На органы чувств не действуют механические силы, вызываемые в обычных условиях земной гравитацией. Влияние невесомости не ограничивается необычностью информации. После выхода космического корабля на орбиту спутника Земли и наступления невесомости космонавты начинают ощущать прилив крови к голове и «заложенность» носа. Затем наступает чувство тяжести в голове

и ощущение пульсации. У некоторых космонавтов эти ощущения проходят через 10—15 дней, у других они, хотя и в менее выраженной форме, сохраняются в течение всего полета. Заметна также одутловатость лица и отечность век. Это внешние проявления того, что в невесомости кровь и межклеточная жидкость перемещаются к голове.

Процесс адаптации к жизни и работе в условиях невесомости достаточно сложен. Необходимо в новых, необычных условиях сохранить или соответственно скорректировать навыки «земной» жизни и выработать новые навыки, необходимые для работы в невесомости.

Как докладывал академик О. Г. Газенко на состоявшемся в 1982 г. в Москве IX Всемирном конгрессе кардиологов, специалисты пришли к выводу, что в условиях невесомости из нижних отделов тела к верхним перемещается около полутора литров жидкости.

В невесомости у космонавтов обычно снижается насыщенность костной ткани минеральными солями, масса мышц, изменяется водный баланс.

Как показывают длительные полеты, примерно через месяц-полтора полета функционирование сердечно-сосудистой системы стабилизируется на новом уровне и общее состояние космонавтов улучшается. Космонавты привыкают к условиям полета в невесомости, к жизни и работе в этих необычных условиях и не испытывают серьезных трудностей.

Однако все, кто побывал на околоземной орбите, испытывают немало трудностей в первые дни после возвращения на Землю. Изменяется целый ряд показателей жизнедеятельности организма, не сразу восстанавливается вертикальная устойчивость тела и физическая работоспособность.

Причем выраженность таких симптомов не всегда определяется длительностью полета. Чем полнее космонавты соблюдают рекомендованный режим труда, питания, отдыха, чем интенсивнее они занимаются рекомендованной профилактикой, тем слабее выражены трудности реадaptации.

Полет Андрияна Николаева и Виталия Севастьянова летом 1970 г. на корабле «Союз-9» был в то время рекордным, он длился 18 суток. Однако длительность его по современным понятиям невелика. А период реадaptации после полета был у космонавтов весьма сложным.

Некоторые меры, чтобы ослабить неблагоприятное влияние невесомости, были предприняты уже и на «Союзе-9». Специальный нагрузочный костюм заставлял космонавтов затрачивать дополнительные усилия при различных движениях. Николаев и Севастьянов упражнялись с эспандером, для растяжения которого требовалось усилие 100 Н. Однако ограниченный объем «Союза», да и отсутствие полноценного опыта не позволяли в полной мере проводить профилактику.

Андриян Николаев вспоминает: «Не забыть мне своих ощущений после 18-суточного полета на корабле «Союз-9». Сам полет мы с Виталием Севастьяновым перенесли хорошо и, откровенно говоря, не ожидали, что после приземления появятся некоторые трудности реадaptации — обратного привыкания к земным условиям жизни. Едва корабль коснулся Земли, как мы сразу почувствовали, что такое ее тяготение. Было трудно подняться с кресла и встать: ноги не слушались, они стали ватными и вместе с тем свинцово-тяжелыми. Появилась слабость, участилось сердцебиение. Я чувствовал, как кровь отливает от головы к ногам. Одним



Тренировка в вакуумном костюме «Чибис»

словом, сердечно-сосудистая система поначалу не могла приспособиться к условиям земной тяжести. Снова сел в кресло, и мне стало легче. Выйти из корабля и спуститься на землю нам помогли товарищи из поисковой группы.

Во время полета я потерял 2,7 килограмма. Врачи отметили также незначительное статокINETическое расстройство — неустойчивость при стоянии, неуверенность и заметное покачивание при ходьбе. Несколько суток пришлось отвыкать от невесомости. Все вещи казались тяжелыми и даже неудобными».

В то же время после многомесячных полетов на станциях «Салют-6», «Салют-7» и «Мир» реадаптация проходила легче. Это объясняется тем, что на этих станциях было больше возможностей для профилактики.

Изучение опыта космических полетов, настойчивая работа ученых и специалистов позволили разработать ряд мер для борьбы с нарушениями в космическом полете деятельности сердечно-сосудистой и костно-мышечной систем, нарушениями водно-солевого обмена.

Большое значение имеют физические упражнения во время полета. Конечно, в невесомости приседаниями или наклонами делу не поможешь. Зато очень помогают создать физическую нагрузку упражнения на велоэргометре, с эспандером, на бегущей дорожке с притягивающими туловище устройствами.

Применяются на орбите специальные нагрузочные костюмы «Пингвин». Они создают осевую нагрузку на скелет и мышечную систему космонавта.

Перед возвращением на Землю космонавты регулярно тренируются в вакуумном костюме «Чибис». Перепады барометрического давления

в нем позволяют в известной степени имитировать воздействие силы тяжести.

Фармакологические средства также позволяют несколько уменьшить неблагоприятное влияние невесомости.

Итак, в космическом полете необходимо настойчиво тренироваться, давать организму нагрузку, чтобы облегчить себе возвращение на Землю. А на Земле перед полетом необходимы настойчивые упражнения и тренировки, чтобы быстрее и легче привыкнуть к невесомости.

Однако создать на Земле условия для тренировки в невесомости непросто. Мы уже упоминали, что состояние невесомости наступает при полете самолета по особой траектории (по параболе), но участок полета, на котором присутствует невесомость, мал и длится невесомость всего 20—30 с. Тем не менее эта возможность широко используется при обучении и тренировке космонавтов.

Другая возможность для тренировок — моделировать некоторые явления, сопровождающие невесомость.

Что касается реакции организма, то длительное пребывание людей в условиях жесткого постельного режима приводит к изменениям в организме, близким к тем, которые возникают после длительного космического полета. Это касается кровообращения, водно-солевого и белкового обмена; ослабляется антигравитационная мускулатура, снижается физическая работоспособность. Легко, однако, понять, что подобная модель воздействия невесомости может быть использована лишь для стационарных исследований, но совершенно непригодна для тренировок космонавтов, направленных на выполнение их профессиональной деятельности в полете.

Особенно важно отработать при имитации элементов невесомости работу космонавта вне корабля или орбитальной станции, в открытом космосе.

В начальном периоде моделирования работы космонавта в открытом космосе использовались стенды с кардановым подвесом, на которых человек в скафандре подвешивался на блоках так, что его вес уравновешивался противовесами и ему придавалось шесть степеней свободы. Испытатель мог вращаться на 360° вокруг каждой оси и перемещаться по горизонтали и по вертикали.

Работа на таких стендах была крайне неудобна, ощущения искажались, и они не получили развития.

Значительные возможности для отработки действий, которые предстоят в невесомости, дают тренировки в гидросреде.

Первые опыты с гидроневесомостью относятся еще к концу пятидесятых — началу шестидесятых годов. Экспериментатор с дыхательным аппаратом находился в фиксированном кресле, установленном в небольшом баке с водой, который вращался.

Затем проводились эксперименты, при которых полноразмерные макеты космических объектов (в виде сетчатых каркасов) помещались в открытый водоем на глубину до 10 м. Впоследствии были созданы специальные гидробассейны для тренировок космонавтов.

В гидробассейне космонавту (обычно в скафандре) и объектам, с которыми он работает, придается нулевая плавучесть. Вес космонавта



Макет станции «Мир» в бассейне гидролаборатории

подбирается (с помощью специальных грузиков) так, чтобы он точно соответствовал весу вытесненной жидкости.

В первом гидробассейне Центра подготовки космонавтов отрабатывались операции по выходу в открытый космос и определялось наиболее рациональное и удобное размещение поручней и другого оборудования для этого выхода. Окончательная отработка этого сложнейшего эксперимента проводилась поэтапно в условиях кратковременной невесомости на борту «летающей лаборатории» Ту-104.

В 1980 г. в Звездном городке была введена в строй большая гидролаборатория, заменившая первый гидробассейн.

В большом круглом здании расположен бассейн глубиной 12 м и диаметром 23 м. Он содержит 5000 м³ воды. Такие внушительные размеры

позволяют разместить в ванне бассейна макеты станции «Салют» или «Мир» и корабля «Союз» в состыкованном состоянии.

Над цилиндрической формы резервуаром расположена монтажно-подсветная платформа. На ней монтируются космические объекты, осветительная и регистрирующая аппаратура и оборудование, с которыми предстоит работать в данном эксперименте. Затем платформа со всем оборудованием опускается в воду на заданную глубину. Вокруг ванны по трем ярусам расположено 45 иллюминаторов, 20 прожекторов освещают через них платформу, 12 телевизионных камер через иллюминаторы и 3 подводных телекамеры зорко следят за работой космонавтов в бассейне, идет видеозапись.

Космонавты в скафандрах отрабатывают выход из станции и возвращение в нее, перемещаются с грузами, выполняют монтажные, демонтажные и ремонтные работы, уточняют взаимодействие при выходе в открытый космос. Гидролаборатория позволяет проводить тренировки космонавтов в безопорном пространстве с довольно хорошим приближением к условиям работы в космосе. Здесь есть возможность и проиграть какие-то неожиданно возникшие во время полета нештатные ситуации, и выдать на борт рекомендации по их устранению.

Гидролаборатория оснащена телеметрическим измерительным комплексом для получения, переработки и передачи информации. Во время тренировок ведутся кино-, фото- и телевизионные съемки, за тренировками космонавтов инструкторы наблюдают через иллюминаторы.

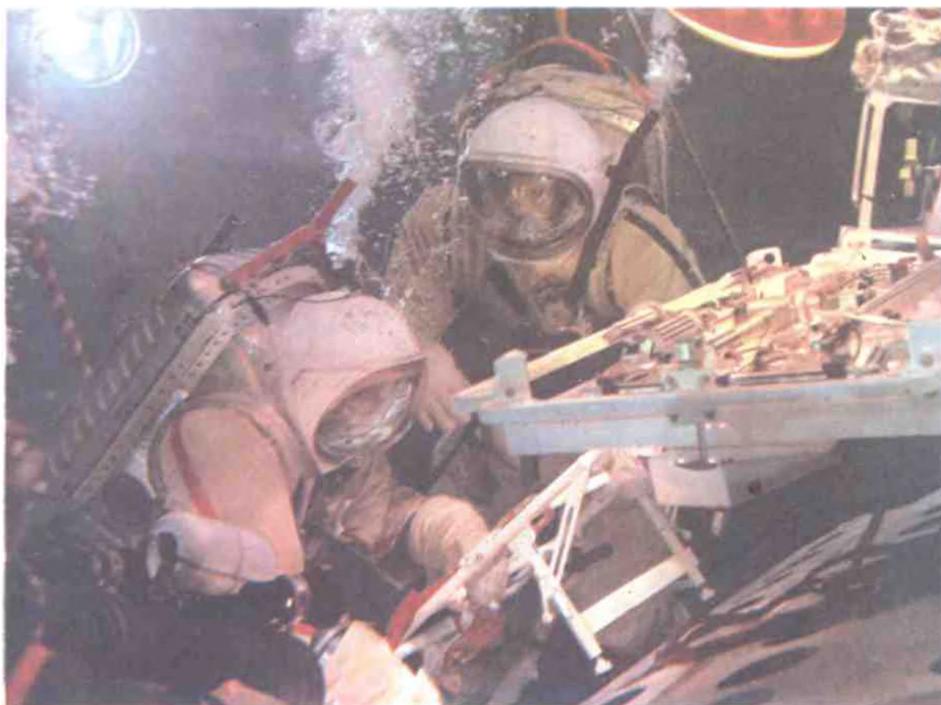
Для страховки во время работы космонавтов в гидролаборатории постоянно находятся аквалангисты, которые могут оказать необходимую помощь. Они проводят также подводную кино- и фотосъемку.

Вся информация о самочувствии космонавтов и их работе выдается на посты управления, отсюда ведется постоянная связь с тренирующимися, контролируется глубина, на которой ведутся работы, состояние скафандров, подача воздуха и другие параметры. Все операции проводятся в реальном масштабе времени, ведется оценка энергозатрат и психологической напряженности космонавтов. Как показывает опыт, затраты времени и энергии космонавтами на те или иные работы в гидробассейне и аналогичные операции в полете довольно близко совпадают.

Гидролаборатория Центра подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина позволяет очень тщательно отработать предстоящие в полете операции в разгерметизированных отсеках и на внешней поверхности орбитальной станции. Перед полетом запланированные технологические эксперименты с универсальным ручным инструментом отработали в гидробассейне Владимир Джанибеков и Светлана Савицкая — это помогло им отлично сработать в открытом космосе. Владимир Ляхов и Александр Александров прошли тренировку по установке дополнительных секций и на центральную панель солнечной батареи «Салюта».

Еще одна возможность гидролаборатории — синхронное дублирование работ, выполняемых космонавтами в полете. Наблюдение за работой дублеров в гидросреде позволяет оценить правильность решения поставленной задачи космонавтами в полете.

Леонид Кизим и Владимир Соловьев (они также много отрабатывали предстоящие операции в гидробассейне) во время полета на станции



Тренировка в гидроневесомости

«Салют» много раз выходили в открытый космос и работали на внешней поверхности станции. И каждый раз это сопровождалось синхронной работой дублеров в гидросреде.

И наконец, очень велико значение проигрывания дублерами в гидролаборатории нештатных ситуаций, возникших на орбите.

Когда во время длительного космического полета Валерия Рюмина и Владимира Ляхова антенна телескопа КРТ-10 после отстрела зацепилась и повисла на стыковочном узле станции «Салют-6», в гидролаборатории была смоделирована возникшая обстановка и найдено нужное решение.

Рюмин и Ляхов вышли в открытый космос, безукоризненно выполнили полученные рекомендации, и путь к стыковочному узлу станции для следующего космического корабля был открыт.

Предполетные тренировки космонавтов в гидролаборатории проводятся до тех пор, пока экипаж не получит твердых практических навыков выполнения предстоящих на околоземной орбите операций. Продолжительность таких тренировок составляет обычно от 30 до 50 ч напряженной работы. Каждый тренировочный цикл завершается итоговой тренировкой, в течение которой космонавты выполняют полную программу работы в соответствии с бортовой документацией предстоящего полета.

Анализ работы космонавтов на борту орбитальных станций показывает, что полный цикл подготовки в гидролаборатории обеспечивает высокую эффективность их деятельности в полете.

Тренировка в самолете
во время полета на
невесомость



Создание отлично оборудованной гидролаборатории не исключило, конечно, и тренировок в «настоящей» кратковременной невесомости на самолетах. Наоборот, возможности эти в последние годы в Центре подготовки заметно расширились. Если раньше для этой цели использовались самолеты УТИ — МиГ-15 и Ту-104, то сейчас Центр располагает самолетами-лабораториями Ил-76. Вместимость салона этого самолета около 400 м³, и в нем размещаются объекты для тренировок массой до 6 т. Самолет оборудован системой съема и регистрации технической и медицинской информации, дополнительными энергетическими установками, системами жизнедеятельности.

Для создания режима невесомости самолет, как говорят летчики, делает «горку» — выполняет полет по параболической траектории. За один тренировочный полет самолет делает 10—15 «горок», каждая дает возможность на 20—30 с избавиться от силы тяжести. В этих полетах организм космонавта приобретает определенную степень устойчивости к чередованию невесомости и перегрузок. Обработываются надевание скафандров, перемещение внутри макета корабля или отсека орбитальной станции, перемещение грузов, отдельные технологические операции.

Самолеты используются не только при подготовке космонавтов к работе в условиях невесомости. Летная подготовка является важным составным элементом тренировки космонавтов.

В Центре подготовки космонавтов были проведены исследования по специально разработанным программам и методикам, чтобы решить, на каких типах самолетов и сколько нужно летать космонавтам в процессе подготовки, какие навыки могут оказаться полезными, а какие — вредными. Сейчас летная подготовка твердо обоснована и регулярно проводится по выработанной методике. Летная и парашютная подготовка помогают формировать у космонавта такие профессиональные качества испытателя, как оперативность мышления, эмоциональная устойчивость, способность легче переносить воздействие факторов космического полета.

Полеты на самолетах и вертолетах служат важным фактором и психологической подготовки. Управляя самолетом, космонавт не только совершенствует технику пилотирования. Быстрое последовательное выполнение десятков осознанных действий при управлении самолетом совершенствует операторские навыки. Развивается быстрота реакции, решительность, пространственная ориентировка.

Самолет вполне можно рассматривать как тренажер космонавта по управлению летящим аппаратом при воздействии соответствующих эмоциональных и физических нагрузок.

Нужно подчеркнуть, что психологическая подготовка космонавтов играет большую роль. Она развивает умственные, сенсорные и двигательные процессы, повышает гибкость ума, творческие способности мышления. Она помогает космонавту быстрее перерабатывать информацию, точнее оценивать складывающуюся в космическом полете обстановку. Психологическая подготовка помогает выработать наблюдательность, внимание, осмоторительность. У тренированного космонавта не бывает так называемых провалов памяти. В стрессовых ситуациях не изменяется голос, не нарушается координация движения, как это бывает у большинства людей.

Очень важно развить у космонавтов такие качества, как эмоционально-волевая устойчивость к риску и опасности, чувство ответственности, готовность к неожиданностям, помехоустойчивость, полное взаимное доверие членов экипажа, готовность поддержать товарища.

Для морально-психологической подготовки используются разные пути и средства. Это и летная практика, и прыжки с парашютом, и физическая подготовка, о роли которых мы уже рассказывали. Это и изучение основ космической психологии. На лекциях космонавтов обстоятельно знакомят с реакциями, возможными в полете и в процессе его имитации на тренажерах, с инженерно-психологическими закономерностями взаимодействия оператора с машиной, методами самостоятельной психологической подготовки, проблемами психологической совместимости.

В процессе психологической подготовки важно, чтобы космонавт максимально ощутил напряжение, которое ждет его в полете, предвидел многие трудности, с которыми экипаж столкнется на орбите. Ведь человек чувствует себя спокойней и уверенней, если происходящие события совпадают с тем, что он ждал. Помимо всех перечисленных уже средств подготовки, этому способствуют и специальные тренировки «на выживаемость», которые проводятся и в зимний мороз в тайге, и в жаркое лето в пустыне.

Во время тренировок на комплексных и специализированных тренажерах, главное назначение которых — научиться управлять всеми система-

ми корабля и орбитальной станции и отработать все запланированные программой полета эксперименты и операции, продолжается и психологическая подготовка.

Во время тренировки на этих тренажерах у космонавтов вырабатывается ответственность, готовность к риску и перенапряжению, долговременная психологическая выносливость.

В соответствии с усложнением космической техники и программы полетов, увеличением продолжительности полетов и международным характером многих из них специалисты Центра подготовки ведут большую научно-исследовательскую работу по совершенствованию психологической подготовки космонавтов. Морально-психологический фактор играет очень важную роль в успешном решении космонавтами возлагаемых на них задач.

И те методы и средства подготовки космонавтов, о которых мы уже рассказали, и те, о которых речь еще впереди, используются, как правило, на протяжении всего периода подготовки к полетам. Хотя, конечно, их удельный вес, продолжительность тренировки и роль меняются в зависимости от той стадии подготовки, которую проходят космонавты.

Тренировки, тренировки, тренировки

Сейчас принято подразделять подготовку космонавтов на два этапа: общекосмической и летно-космической (непосредственной) подготовки к полету.

Общекосмическая подготовка проводится в группах космонавтов-слушателей по общей программе. На первом этапе космонавты получают необходимый минимум знаний по теоретическим основам космонавтики, совершенствуют свою нравственную, психологическую закалку. В этот же период изучаются индивидуальные особенности космонавтов, учет которых необходим при формировании будущих экипажей, при определении их психологической совместимости.

Будущие космонавты изучают основы конструкции пилотируемых космических аппаратов и их бортовых систем, ракеты-носителя и стартовых комплексов. Они изучают астрономию, навигацию, динамику полета, баллистику, знакомятся с основами медицины, вычислительной техники и т. д. Первый этап включает теоретическую, физическую, медико-биологическую и многие элементы летной и технической подготовки. К летной подготовке на первом этапе относятся полеты в условиях невесомости, изучение звездного неба и выполнение астронавигационных измерений, пилотирование самолетов. Будущие командиры экипажей приобретают квалификацию летчика-испытателя, если они не имели ее ранее.

Одним словом, цель общекосмической подготовки — приобретение профессиональных знаний и качеств. Рассчитана программа общекосмической подготовки, как правило, на 2 года.

С каждым годом в программах космических полетов все большее место занимают работы в интересах народного хозяйства — космонавты работают, если можно так выразиться, на сельское и лесное хозяйства, на



Макеты станции «Салют» и корабля «Союз» в тренажерном зале ЦПК им. Ю. А. Гагарина

геологию и океанологию, проводят технологические эксперименты. И космонавтам все более требуется прочный фундамент знаний в этих областях. Такие знания они теперь начинают приобретать уже на этапе общекосмической подготовки.

Нет сомнений, что удельный вес космического природоведения в подготовке к полетам по околоземным орбитам будет возрастать.

По окончании первого этапа подготовки с космонавтами проводят собеседование, они сдают зачеты и экзамены.



Второй этап — непосредственная подготовка — проводится с экипажами, формируемыми перед каждым новым полетом на конкретном космическом аппарате и по определенной программе. Экипажи чаще всего состоят из космонавтов, уже имеющих опыт космических полетов, и космонавтов, еще не летавших в космос, но успешно завершивших курс общекосмической подготовки. Такое сочетание весьма плодотворно. Однако в зависимости от назначения предстоящего полета, его продолжительности, типа космического корабля и т. п. экипаж может быть сформирован и по другому принципу.

Главная цель этапа непосредственной подготовки — выработка у экипажей навыков по управлению космическим кораблем и орбитальной станцией, на которых предстоит совершить полет, и эксплуатации их систем, отработка методики предстоящих экспериментов и исследований,

А. Леонов
в тренажере
«Союза»



В. Ляхов и В. Рюмин
в тренажере стан-
ции «Салют»

тщательное изучение приборов и агрегатов, с которыми предстоит работать в космосе, таких, например, как многозональный фотоаппарат МКФ-6, радиотелескоп, устройства для технологических экспериментов.

Важной задачей этого этапа является тщательная подготовка к совместной работе во время полета с персоналом Центра управления полетом, отработка действий на случай непредвиденных ситуаций во взаимодействии с Центром управления.

На этапе летно-космической (непосредственной) подготовки основным видом обучения и тренировки служит работа на специализированных и комплексных тренажерах, макетах, моделирующих стендах. Много времени занимает изучение бортовой и полетной документации, детальная проработка программы полета. И конечно, на этом этапе продолжается физическая, медико-биологическая, летная подготовки.



В. Джанибеков и А. Иванченков проводят медицинское обследование Ж. Л. Кретьена

Процесс овладения техникой, на которой предстоит летать, работать в космосе, так называемая техническая подготовка, — один из наиболее важных и объемных элементов подготовки космонавтов. Экипаж обязан «назубок» знать эту технику.

За тридцать лет существования Центра подготовки были выработаны разнообразные формы технической подготовки, многие из них устоялись, стали традиционными. Это лекционные и семинарские занятия, самостоятельное изучение техники, постоянные тренировки с инструкторами, участие в испытаниях отдельных систем и комплексных испытаниях корабля и станции на предприятиях-изготовителях и на космодроме.

С годами становилось яснее, что именно в первую очередь изучать космонавту в конструкции корабля или станции, насколько детально он должен знать ту или иную систему, как лучше оценить качество и глубину его познаний. И процесс технической подготовки непрерывно совершенствуется. Одни вопросы решаются, другие возникают и ждут своего решения.

Конечно, добиться полного соответствия всем этапам космического полета даже на самом совершенном тренажере практически невозможно.

В подготовке космонавтов используется целый ряд специализированных и комплексных тренажеров, имитирующих работу на космических кораблях и орбитальных станциях. Это позволяет всесторонне подготовить космонавтов, несмотря на отличие наземных условий от полетных.

Тренировки на специализированных и комплексных тренажерах — важнейшее средство подготовки космонавтов к выполнению конкретной программы будущего полета. Эти тренировки дают возможность космонавтам научиться управлять системами космического корабля и орбитальной станции и выполнять все запланированные программой полета работы. Во время этого вида подготовки космонавтов очень важно обеспечить полное соответствие тренировочных операций той деятельности, которой экипаж должен заниматься в полете, правильно, объективно оценить выполнение космонавтами тренировочных операций, предусмотреть и воспроизвести на тренажерах нештатные и аварийные ситуации, которые могут возникнуть в реальном полете.

Легко понять, насколько сложно решить эти проблемы.

В разработке технических принципов построения отдельных тренажеров и их комплексов со специалистами Центра подготовки космонавтов тесно сотрудничают конструкторы космической и тренажерной техники, ученые институтов Академии наук и отраслевых научно-исследовательских институтов. Это позволило создать тренажеры, наиболее полно отвечающие целям подготовки космонавтов.

Специализированные тренажеры используются для тщательной отработки наиболее сложных и ответственных операций — ориентации и навигации, стыковки космических аппаратов. На таких тренажерах полностью имитируется соответствующая система и ее работа.

Специализированный тренажер стыковки включает макет кабины экипажа (скажем, спускаемого аппарата космического корабля «Союз»), в котором имеются все действующие системы и приборы, необходимые при проведении в космосе операций сближения, причаливания и стыковки космических аппаратов. Чтобы картина была впоследствии привычной для космонавта, кабина обычно оснащена еще и макетами других приборов, которые в этих операциях не используются. К кабине примыкает имитатор стыковки, представляющий собой сложное электро-механическое устройство. Это модель космического аппарата, с которым экипаж должен будет состыковаться в реальном полете. Модель представляет собой точную копию такого аппарата — повторяются все его наружные элементы, обводы, антенны, сигнальные огни и т. п. Мощные лампы подсвечивания освещают модель с той или другой стороны, имитируя солнечное освещение в зависимости от нахождения модели в тот или иной момент по отношению к кабине, в которой работает экипаж. Модель имеет несколько степеней свободы, поворачивается и перемещается в разных направлениях, кабина же с космонавтами неподвижна. Работая ручками управления (точно такими же, как в реальном космическом корабле), космонавты через вычислительную машину и систему усилителей и приводов управляют перемещением модели. Их задача — добиться такого взаимного расположения модели и корабля (тренировочной кабины), при котором возможны причаливание и стыковка.

Специализированные тренажеры и различные стенды используются для изучения многих отдельных систем и агрегатов космических летательных аппаратов и, конечно, для тренировок космонавтов в работе с этими системами.



Л. Кизим, О. Атьков и В. Соловьев работают с полетной документацией в ЦПК

На специальном стенде тщательно отрабатываются все операции, связанные с функционированием системы жизнеобеспечения.

Большую роль в подготовке к полету играют тренировки на натуральных макетах космических кораблей и орбитальных станций.

Здесь происходит детальное изучение корабля и станции, всех их систем и оборудования. Отрабатываются навыки расконсервации и консервации станции, размещения и укладки снаряжения, пищевых припасов, документации, проводятся тренировки по кино- и фотосъемкам, ведению телепередач.

Навыки по космической навигации космонавты получают в космическом планетарии, который создан в Звездном городке с помощью специалистов и аппаратуры из бывшей ГДР. В этом планетарии точно воспроизводятся около 9 тыс. звезд и созвездий всей небесной сферы,

движение Солнца, Луны и планет. Горизонт небосвода в космическом планетарии на 15° ниже земного горизонта, таким образом, учитывается увеличение поля зрения человека при полете по орбите по сравнению с тем, что он видит с поверхности Земли. В этом планетарии отрабатывается также методика научных исследований с использованием небесных светил. Как вспоминает летчик-космонавт Владимир Шаталов, введение в действие планетария в Звездном сыграло существенную роль в подготовке космонавтов. Раньше космонавты изучали звездное небо в Московском планетарии, а для изучения отдельных созвездий даже летали в Африку.

Современный космический тренажер, независимо от его конкретного назначения, состоит из пяти основных элементов — рабочего места космонавта, системы имитации визуальной обстановки, вычислительной системы, пульта контроля и управления и устройства согласования.

На рабочее место космонавта поступает информация, которая создает у космонавта мысленное представление полета космического аппарата, его положения в пространстве, работы различных агрегатов и систем.

Чтобы усилить иллюзию полета, в тренажере имитируется шум двигателей, шум сработавших пиромеханизмов, радиосвязь с Центром управления полетом.

Комплексный тренажер — ныне одно из основных наземных средств обучения и тренировки экипажей.

Комплексный тренажер дает возможность последовательно отработать операции по всем важнейшим этапам полета — предстартовую подготовку, выведение на орбиту, орбитальный полет, коррекцию орбиты, сближение со станцией или другим космическим кораблем, причаливание, стыковку, расстыковку, спуск с орбиты. На комплексном тренажере прорабатывается весь полет в целом.

Именно во время тренировок на комплексном тренажере в значительной мере достигается сработанность членов экипажа. Здесь каждый космонавт в соответствии со своими обязанностями в полете приобретает твердые навыки в управлении различными системами корабля и космическим кораблем в целом, в работе с приборами и агрегатами, в использовании космического снаряжения.

Тренировки на комплексных тренажерах занимают много времени, и проводится их много. В этом нет ничего удивительного. Ведь именно работа на комплексных тренажерах венчает подготовку космонавтов к полету, задача этих тренировок — отработать действия экипажа до автоматизма. Можно привести такой пример — при первых стыковках на орбите космонавты предварительно до 800 раз проигрывали эту сложную полетную ситуацию на тренажерах.

Современный комплексный тренажер Центра подготовки космонавтов — весьма сложное и совершенное инженерное устройство. Он чутко реагирует на все действия космонавтов, как если бы это был полет на реальном космическом корабле. Система электромеханических, электронных, телевизионных имитаторов создает для находящихся на рабочих местах в кабинах корабля-тренажера космонавтов ту окружающую обстановку, которая должна сопутствовать данному этапу полета (за исключением, конечно, перегрузок и невесомости).



Группа космонавтов у тренажера станции «Салют»

На световых табло загораются те или иные транспаранты, приборы показывают параметры предполетной подготовки ракеты и полета, после команды «Пуск» слышен шум работающих ракетных двигателей.

Установлено, что более 80% воспринимаемой космонавтами информации о состоянии пилотируемого космического аппарата поступает через зрение. Поэтому особенно много внимания уделено созданию на тренажере систем имитации визуальной обстановки.

Имитатор звездного неба, который можно увидеть, заглянув в иллюминатор, показывает расположение созвездий, движение Луны и планет по небу в точном соответствии с тем положением, которое они должны занимать на данной фазе полета. Этот электромеханический имитатор представляет собой черный шар — глобус, на поверхности которого расположены блестящие металлические шарики различных диаметров, в определенном масштабе имитирующие звезды и планеты. Карданные

устройства обеспечивают движение этого «неба» по команде электронно-вычислительной машины.

Космонавты видят и «Землю». Ее показывает другой имитатор — это может быть бесконечная кинолента с изображением земной поверхности или глобус Земли. Движение киноленты или глобуса соответствует суточному вращению Земли, и изображение участка земной поверхности, над которым в настоящий момент «пролетает» корабль-тренажер, передается в кабину на оптический визир и телевизионный экран.

Воспроизведение видимых, визуальных условий, соответствующих проигрываемому на тренажере этапу полета, — очень сложная техническая задача. Ведь надо учесть, сочетать и воспроизвести движения большого числа объектов, движущихся по разным направлениям с различными скоростями, — Солнца, Луны, планет, звезд, поверхности Земли, своего космического корабля, орбитальной станции, с которой надо стыковаться, и т. д.

Работой тренажера управляет вычислительный комплекс, состоящий из аналоговых или цифровых ЭВМ с большим быстродействием и значительным объемом памяти.

ЭВМ управляет имитаторами, воспринимает и передает команды космонавтов, вводит в тренажер по заданной программе «неисправности» и «нештатные ситуации», регистрирует ход тренировки, хранит и перерабатывает нужную информацию, помогает оценить натренированность и сообразительность экипажа.

Управление тренажером и вычислительным комплексом, связь с экипажем, программа тренировки задаются инструкторами со специального пульта.

Еще несколько лет назад космические тренажеры создавались как самостоятельные, автономно функционирующие средства. Каждый из них имел свой вычислитель, свою систему имитации визуальной обстановки, свой пульт управления. С увеличением числа тренажерных средств такой принцип устарел, стал экономически и технически нерациональным.

Подробный анализ, проведенный специалистами Центра подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина совместно с институтами Академии наук и другими институтами и конструкторскими бюро, привел к разработке принципиально новой основы построения комплексов технических средств подготовки космонавтов на базе общих, коллективных вычислительных, информационных и других систем и подсистем.

Такие централизованные мощные системы могут обеспечить одновременную работу большого числа тренажеров, натуральных макетов, стендов и других устройств.

Широкое применение вычислительной и информационной техники помогает более глубоко и качественно решать задачи, связанные с подготовкой космонавтов к длительным полетам.

Применение этой техники позволяет моделировать широкий круг нештатных и аварийных ситуаций; быстро, оперативно давать рекомендации экипажу, как действовать в таких ситуациях; объективно контролировать степень тренированности экипажа, оценивать его готовность к полету; автоматизированно планировать и контролировать подготовку космонавтов.



Кстати говоря, разработка методов и критериев объективной оценки тренировочной и полетной деятельности космонавтов — сложная и в научно-теоретическом, и в практическом отношении задача, которая решается специалистами Центра подготовки при активном участии самих космонавтов.

Критериями оценки работы на тренажерах в настоящее время являются эффективность выполнения отрабатываемых операций, которая характеризуется точностью выполнения, затратой времени и энергии.

Важным средством оценки работы стало сопоставление достигнутой эффективности и нервно-психического напряжения космонавта. По мере увеличения натренированности, повышения профессионализма психофизиологическая напряженность уменьшается, приближается к значениям, соответствующим состоянию покоя. В последнее время успешно используются для оценки эмоционального состояния космонавтов спектральные характеристики их речи.

Создание орбитальных космических станций типа «Салют» и «Мир», значительный рост продолжительности полетов, все большее понимание учеными разных областей науки и специалистами различных отраслей народного хозяйства того, сколь важны и плодотворны исследования, проводимые космонавтами в полете, их работа на околоземных орбитах, привели к стремительному росту задач, которые ставятся перед космонавтами, к быстрому расширению сферы их деятельности.

Конечно, и нынешний космонавт по-прежнему прежде всего пилот, оператор, управляющий космическими аппаратами.

Но теперь каждый космонавт на борту орбитальной станции должен не только умело эксплуатировать космическую технику и оборудование, не только грамотно действовать в экстремальных условиях космического полета и в нестандартных ситуациях, не только быть испытателем новой космической техники. Он должен быть еще и исследователем широкого профиля, многоплановым экспериментатором. Ему необходимы глубокие теоретические знания, способность самостоятельно накапливать, обобщать, истолковывать результаты проводимых им наблюдений, исследований, экспериментов.

Сейчас стала неоспоримой высокая научная и экономическая эффективность изучения Земли космическими методами. За этими методами — будущее. Растет в программах полетов удельный вес работ, результаты которых используются в народном хозяйстве. Соответственно усложняются задачи подготовки космонавтов для выполнения прикладных народнохозяйственных работ.

Все большее место в подготовке космонавтов занимает отработка методики выполнения научных и прикладных экспериментов и исследований, намечаемых на очередной космический полет.

Исследования Земли из космоса по самой сути своей — комплексные. Один экипаж с помощью одной и той же аппаратуры выполняет работу для многих отраслей народного хозяйства. Только информация потребителям нужна разная. Для экономии рабочего времени и в космосе, и на Земле необходимо объединять, комплексировать как сами эксперименты, проводимые на борту, так и подготовку к ним в Звездном. Сейчас уже накоплен определенный опыт комплексной подготовки экипажей для выполнения работ по заданиям Госцентра «Природа», специалистов сельского хозяйства, океанографии и др.

Очень сложная и ответственная задача усовершенствования подготовки космонавтов, особенно к длительным полетам, успешно решена в Звездном городке. Как высшая награда большому коллективу специалистов Центра подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина звучат слова многих космонавтов, сказанные после полета: «Все было как на тренижере».

Однако успешная подготовка космонавтов к выполнению сложных космических программ — заслуга не только специалистов ЦПК.

В тесном взаимодействии и сотрудничестве с ними решению этой задачи постоянно способствуют научные учреждения и предприятия, создающие космические корабли и орбитальные станции, организации, занимающиеся космическими исследованиями или использующие результаты этих исследований и экспериментов в своей отрасли.

Ученые и специалисты различных ведомств не только участвуют в разработке программы каждого полета, но и оказывают существенную помощь космонавтам и специалистам Центра во время подготовки к полету.

В Звездном городке можно очень часто встретить сотрудников Института космических исследований Академии наук, Физического института им. Лебедева и Института океанологии (это тоже академические

В Звездном городке много красивых мест



институты), Государственного оптического института им. Вавилова, научно-производственного объединения «Аэрогеология», Государственного центра «Природа» и многих других организаций. Постоянно здесь участвуют в подготовке космонавтов разработчики космической техники — работники НПО «Энергия» и других конструкторских бюро и заводов. Все эти специалисты вместе с космонавтами, методистами и инструкторами Центра подготовки работают в учебных лабораториях, на стендах и тренажерах Звездного, передают свой опыт, помогают решать возникающие проблемы.

В свою очередь космонавты — частые гости в этих институтах и на предприятиях, они участвуют в научных конференциях, семинарах, симпозиумах.

12 Наземные службы космонавтики

Космические гавани

Самолету нужен аэродром. Ракета-носитель с очередным спутником Земли или космическим кораблем стартует с космодрома.

Космодром — очень сложное, многоплановое сооружение, с большим количеством сложных технических устройств.

Первым космодромом стал знаменитый Капустин Яр в Астраханской области. Созданный в 1946—1947 гг., он первоначально был испытательным полигоном советской ракетно-космической техники. С него была запущена первая советская экспериментальная баллистическая ракета дальнего действия. В 1948—1956 гг. в Капустинском Яру испытывались многие советские геофизические и баллистические ракеты. Этими работами руководил С. П. Королев. Опыт создания и эксплуатации полигона в Капустинском Яру был использован при строительстве космодрома Плесецк и главной советской космической гавани — Байконура.

На космодроме Капустин Яр имеются стартовые комплексы для запуска вертикально стартующих геофизических и научно-исследовательских ракет и искусственных спутников Земли. Здесь развернуты технические позиции, измерительные пункты, оснащенные радиотехническими системами слежения за полетом ракет-носителей на активном участке траектории.

С 1964 г. отсюда уходили в небо многие спутники серии «Космос».

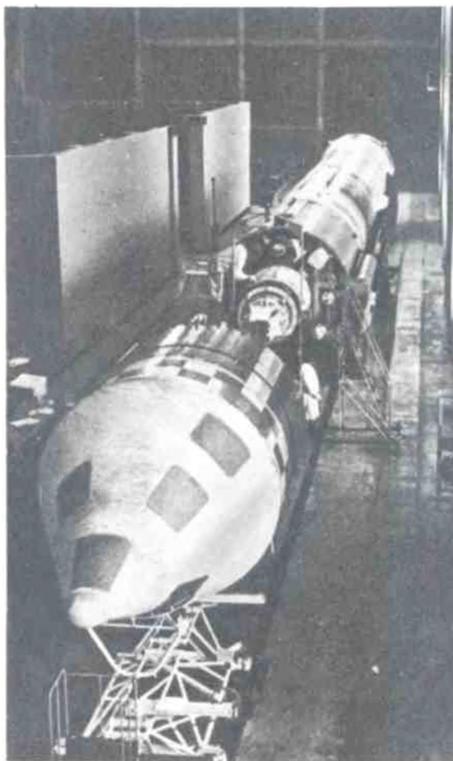
А в октябре 1969 г. Капустин Яр был открыт в качестве международного космодрома — был запущен первый спутник «Интеркосмос».

Отсюда же ушли для работы на околоземных орбитах индийские спутники «Ариабхата» и «Бхаскара», французский искусственный спутник Земли «Снег-3» и другие космические аппараты.

В монтажно-испытательных корпусах космодрома готовят к старту ракеты-носители и космические аппараты. Почти все наши читатели видели на экранах телевизоров, как устанавливается на старте ракета-носитель с космическим кораблем на Байконуре: полностью собранный комплекс (ракета с космическим аппаратом) подвозится по железнодорожной ветке из МИКа (монтажно-испытательного корпуса) и мощными гидравлическими подъемниками устанавливается в вертикальное положение на стартовой площадке, где он находится в прочных «объятиях» опорных ферм в ожидании пуска.

На старте в Капустинском Яру технология другая. Здесь на стартовый стол вначале устанавливали первую ступень, а затем на нее устанавливали вторую ступень с пристыкованным искусственным спутником.

Монтаж спутника «Интеркосмос» на ракету-носитель в МИКе космодрома Капустин Яр



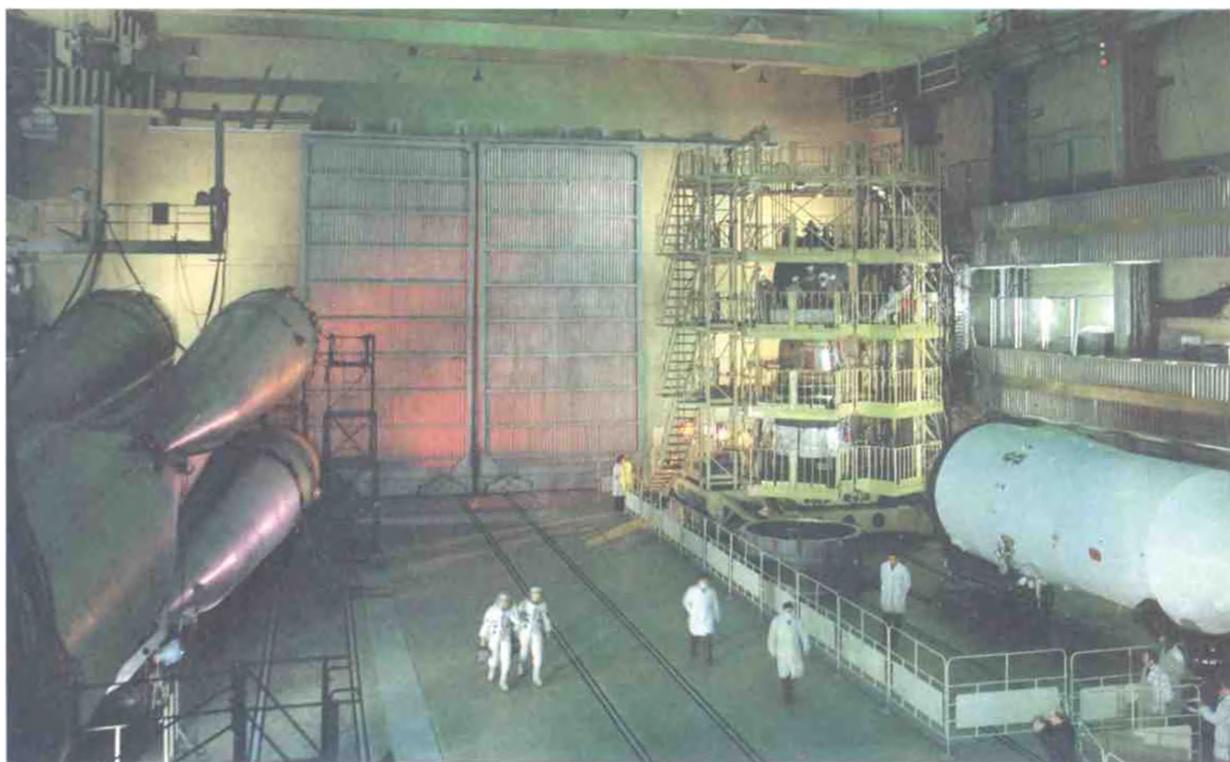
В монтажно-испытательном корпусе ракет-носителей «Союз» космодрома Байконур

В начале 1955 г. было принято решение о строительстве мощного космодрома Байконур. Его начали строить в Казахстане, к востоку от Аральского моря, в пустынном малолюдном краю. С огромным энтузиазмом, преодолевая колоссальные трудности, работали тысячи людей.

В пустыне в кратчайшие сроки появились железная и автомобильная дороги, первый стартовый комплекс, первый монтажно-испытательный корпус. Было смонтировано стартовое, заправочное, транспортно-установочное, вспомогательное оборудование.

Тридцать пять лет прошло после первых космических стартов с Байконура, и все эти годы быстро росла главная космическая гавань страны.

Сейчас космодром раскинулся на многие десятки километров. Он включает в себя несколько больших стартовых комплексов и многочисленные технические позиции. С одних, более старых, с которых уходили в небо еще корабли «Восток», регулярно стартуют космические корабли типа «Союз» и грузовые «Прогрессы», с других — мощные ракеты-носители «Протон» с космическими орбитальными станциями и, наконец, грандиозные стартовые комплексы для новой могучей ракеты «Энергия». На Байконуре принимали старт и многие спутники серии «Космос», и межпланетные автоматические аппараты «Луна», «Венера»,



«Марс», и связные спутники «Молния», и спутники службы погоды, и многие другие.

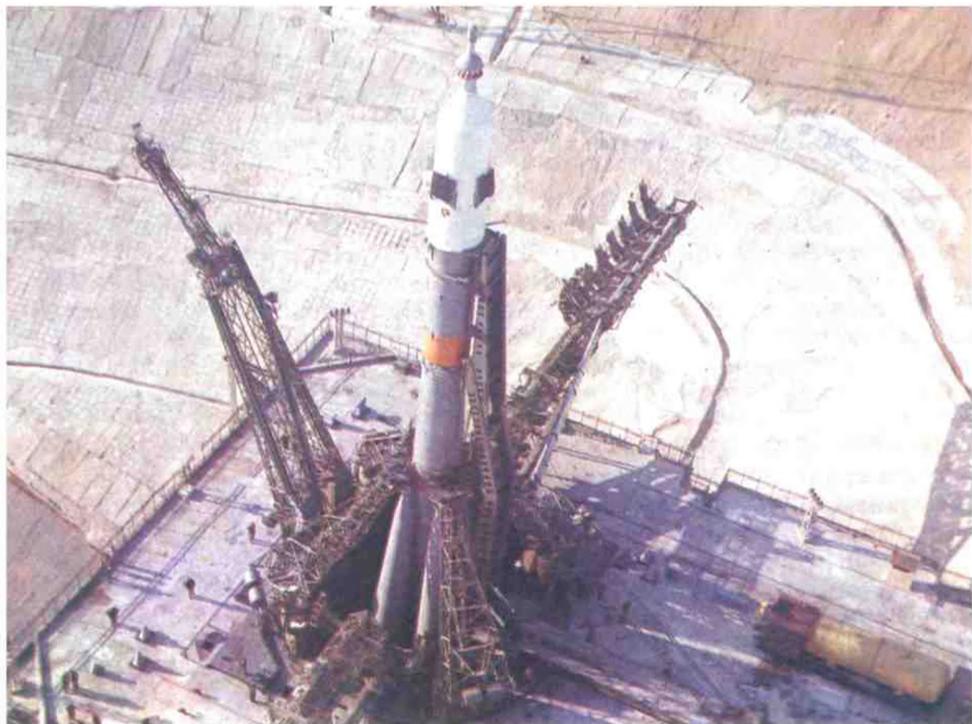
Расскажем немного о наземном комплексе «Союза». Ракета-носитель и космический корабль доставляются на космодром в виде отдельных блоков. Их сборка проходит на технической позиции в МИКе — монтажно-испытательном корпусе. Это здание длиной более 100 и шириной 50 м, высотой с семизэтажный дом. Ракета собирается в горизонтальном положении, там же к ней пристыковываются космический корабль, обтекатель, система аварийного спасения. В корпусе одновременно можно производить сборку нескольких ракет-носителей и космических аппаратов.

В МИКе много оборудования для их сборки, испытаний, транспортировки и хранения. На технической позиции находятся также заправочная станция космических аппаратов, зарядно-аккумуляторная станция, компрессорная станция и много других устройств и сооружений.

Именно в монтажно-испытательном корпусе ракета-носитель приобретает хорошо знакомый нам по экранам телевизоров и фотографиям вид. К центральному блоку ракеты — ее второй ступени — на сборочном стапеле присоединяются 4 боковых конусообразных блока, образующих первую ступень ракеты-носителя «Союз». А параллельно тщательно испытанный и проверенный с использованием барокамер и имитаторов



Ракета-носитель с кораблем «Союз» движется к стартовой площадке



Ракета-носитель «Союз» на стартовой позиции

Старт ракеты-носителя
«Союз»



космического пространства корабль заправляют компонентами топлива и сжатыми газами, стыкуют с третьей ступенью ракеты-носителя и закрывают обтекателем.

На транспортно-установочном агрегате соединяют в одно целое оба собранных блока: блок первой и второй ступеней и блок третьей ступени — с космическим аппаратом.

По железнодорожной ветке ракета-носитель с кораблем доставляется на стартовую позицию. Здесь она устанавливается на прочное железобетонное сооружение. Непосредственно под ракетой — большой проем, окно, переходящее в просторный газоход, по нему отводится мощный поток газов от двигателей ракеты после их включения. Ракета до старта, по существу, висит над этим просветом — она удерживается четырьмя опорными фермами. Когда они сведены, она опирается на силовое кольцо, образуемое сегментами на опорных фермах, масса ракеты давит вниз, держит силовое кольцо в замкнутом состоянии. Когда двигатели, набрав тягу, начинают поднимать ракету, она перестает давить на кольцо, и фермы под влиянием своих противовесов раскрываются, подобно бутону цветка, пропуская ракету ввысь. Кроме опорных ферм, при подготовке к старту к ракете-носителю примыкают 2 фермы с несколькими полукольцевыми площадками-балконами на разной высоте. Фермы имеют грузовые и пассажирские лифты, с них ведется подготовка, обслуживание, контроль различных систем перед пуском.

К ракете примыкают еще и кабель-мачты, через которые подведены различные коммуникации, необходимые для предстартовой подготовки.

Конечно, есть еще очень много и других сооружений и устройств —



стационарные системы заправки компонентами топлива для ракеты, снабжения сжатым газом, противопожарные системы, системы дистанционного управления, системы связи, наблюдения и т. д.

После установки доставленной из МИКа ракеты-носителя вертикально на стартовой площадке проводятся предстартовые комплексные испытания ракеты-носителя и космического аппарата, производится заправка топливом. С помощью системы телеметрического контроля проверяются все параметры комплекса. По команде «Пуск» продуваются азотом коммуникации подачи топлива в двигатели ракеты, закрываются дренажные клапаны баков, запускаются турбонасосные агрегаты подачи топлива и включаются бортовые системы управления. Отведены кабель-мачты. Горючее и окислитель поступают в камеры сгорания двигателей ракеты-носителя, и топливо воспламеняется пиротехническими устройствами. В проем и газодод устремляется водопад огня, и могучий грохот разносится по степи. Когда двигатели набирают нужную тягу, раздвигаются «объятия» опорных ферм, и ракета-носитель, опираясь на огненный столб, устремляется в небо. А на острие ракеты, над морем огня, в тесной кабине космического корабля — люди, космонавты... Зрелище старта никого не оставляет равнодушным.

В первые десятки секунд после старта полет контролируется средствами командно-измерительного комплекса космодрома. После выхода космического корабля на орбиту эти функции передаются Центру управления полетом.

Для запуска тяжелых спутников и орбитальных станций, многих аппаратов дальнего космоса, для вывода спутников связи на стационарные орбиты потребовалась более мощная ракета-носитель.

В 1965 г. под руководством Генерального конструктора академи-

Орбитальная станция
«Мир» в МИКе космодро-
ма Байконур



Вывоз ракеты-носителя
«Протон»

ка В. Челомея была создана ракета-носитель «Протон». Она обладает в 3 раза большей грузоподъемностью, чем ракета-носитель «Союз», мощность всех ее двигателей достигает 44 130 МВт (60 млн. л. с.), высота ракеты 44,3 м — это высота 15-этажного дома. Стартовая масса ракеты — 690 т.

«Протон» может выводить на околоземную орбиту высотой 200 км полезный груз немногим более 20 т — это масса базового блока станции «Мир». Ракета может использоваться в двух- и трехступенчатом вариантах. А применение еще четвертой ступени — разгонного блока — дает возможность вывести спутник массой до 2 т на геостационарную орбиту или направить к Луне космический аппарат массой до 5,7 т, к Венере — до 5,3 т, к Марсу — до 4,6 т.

С космодрома Байконур производятся пуски и наиболее совершенной из современных ракет-носителей, созданной в 1985 г. под руководством генерального конструктора академика М. Ф. Уткина, — двухступенчатой ракеты-носителя «Зенит». В отличие от всех предыдущих советских ракет-носителей, разработка которых велась на базе соответствующих боевых баллистических ракет, ракета-носитель «Зенит» создавалась целевым назначением как универсальная космическая ракета-носитель для запуска различных космических аппаратов на околоземные и геостационарные орбиты.

На первой ступени используется самый мощный в мире четырехкамерный двигатель многоразового использования РД-170.

Стартовая масса первой ступени — 353 т, длина — 33 м, диаметр — 3,9 м.

Вторая ступень соединяется с первой ступенью специальной фермой. На второй ступени используются два двигателя — однокамерный



Подготовка к старту на космодроме Плесецк

→
Ракета-носитель «Циклон» в МИКе космодрома Плесецк

основной двигатель РД-137 с тягой в пустоте 833,9 кН (85 тс) и удельным импульсом 345 с, а также четырехкамерный рулевой двигатель с тягой 75 кН (7,85 тс) и удельным импульсом 335 с.

Двигатели обеих ступеней работают на жидком кислороде и ракетном горючем типа РГ-1.

При стартовой массе 448 т двухступенчатая ракета-носитель «Зенит» обеспечивает выведение космических аппаратов массой до 12 т на полярную орбиту высотой 200 км.

В трехступенчатом варианте ракеты-носителя «Зенит» в качестве третьей ступени используется модернизированный разгонный ракетный блок ракеты-носителя «Протон». При стартовой массе около 460 т трехступенчатая ракета-носитель обеспечивает выведение космических аппаратов массой от 3 до 15,7 т на различные околоземные орбиты и от 1 до 7 т — на геостационарную орбиту.

Максимальный диаметр ракеты-носителя «Зенит» 3,9 м, длина 57 м.

Оригинальная конструкция и высокие эксплуатационно-технические характеристики ракеты-носителя «Зенит» позволяют создать на ее базе унифицированный ряд новых космических ракет-носителей, а первая ступень этой ракеты-носителя используется в качестве базовой основы ракетных блоков первой ступени ракеты-носителя «Энергия».

Отличительной особенностью ракеты-носителя «Зенит» является высокий уровень автоматизации всех процессов испытаний, предстартовой подготовки и запуска.

В середине 60-х годов на Байконуре был создан комплекс для запуска «Протонов». Техническая позиция этого комплекса в принципе не очень сильно отличается от описанной нами выше. Но, конечно, размеры МИКа под стать размерам «Протона». Немного отличается и процесс сборки. А вот стартовый комплекс «Протона» мало похож на стартовый комплекс «Союза». Он состоит из двух стартовых позиций, разнесенных на 600 м друг от друга. Ракета-носитель перед стартом не подвешена на



опорных фермах, а стоит непосредственно на опорах стартового стола. Для предстартового обслуживания используются не отклоняемые перед стартом фермы, как у «Союза», а огромная башня, передвигающаяся по рельсам. Перед стартом она откатывается на значительное расстояние. Нет здесь и кабельных и кабель-заправочных мачт. Вместо этого под ракетой в центре пускового стола есть специальное стыковочное устройство, которое перед стартом надежно соединяет с ракетой более 5 тыс. коммуникаций и электрических цепей. Через доли секунды после начала движения ракеты устройство пневмоускорителями сбрасывается вниз и мгновенно прочно и плотно закрывается броневыми крышками. Эти крышки образуют рассекатель, который направляет мощный поток газов работающих двигателей в 2 отводящих газохода. Командный пункт управления находится в 1,5 км от стартового комплекса.

А относительно недавно появилось на Байконуре и новое, еще более грандиозное сооружение — стартовый комплекс «Энергия». О нем мы расскажем в последней главе, где речь пойдет о новом космическом комплексе «Энергия» — «Буран».

Космодром — это самая совершенная современная техника и многотысячный коллектив различных специалистов. Жилая часть космодрома Байконур — город Ленинск с почти сотысячным населением. Вдоль улиц города повсюду трубы; по ним течет животворящая вода — упорство и настойчивый труд людей превратили это место пустыни в зеленый оазис. Здесь расположен и комплекс подготовки космонавтов с тренажерами, спортивными залами, макетами космических кораблей. Именно здесь проводят последние дни перед полетом космонавты.

Увеличение количества космических программ потребовало построить еще одну космическую гавань. Ею стал космодром Плесецк в Архангельской области, воздвигнутый среди расчищенного лесного массива.

Космические старты начались здесь в 1966 г. Здесь построены стартовые комплексы такого же типа, как и стартовый комплекс ракеты-

Ракета-носитель «Зенит»
на старте



носителя «Союз». Они служат для запуска спутников связи «Молния» и метеорологических спутников «Метеор». Кроме них, здесь построены технические и стартовые комплексы «Радуга» и «Восток», которые предназначены для запуска спутников меньших размеров «Космос» и «Интеркосмос». Интересно здесь ведется предстартовое обслуживание ракеты-носителя и космического аппарата. Для этого используется 100-метровой высоты четырехугольная башня, которая передвигается по рельсам на 4 самоходных железнодорожных тележках. Масса башни около 450 т.

Из Плесецка уже стартовали сотни спутников «Космос» и «Интеркосмос», в том числе по совместным программам со многими зарубежными странами. А 10 лет назад началась эксплуатация нового комплекса, предназначенного для ракеты-носителя «Циклон». Были построены новый монтажно-испытательный корпус, стартовая площадка с двумя пусковыми установками, соответствующие коммуникации и вспомогательные службы.

Ракета-носитель «Циклон» создана на базе ракеты, которая еще с 1967 г. использовалась на Байконуре для запуска некоторых спутников серии «Космос». Эта ракета показала очень высокую надежность, весьма удачной была технология ее подготовки к запуску. Однако был у нее и существенный недостаток — для вывода космических аппаратов на орбиту необходимы были доразгонные блоки, маршевые ракетные двигатели на запускаемых аппаратах.

Впоследствии была создана третья ступень этой ракеты. Так появилась ракета-носитель «Циклон», способная выводить на разные орбиты искусственные спутники Земли массой от 550 кг до 4 т. Первые испытания ее начались в 1977 г.

В последние годы носитель «Циклон» довольно часто стартует с космодрома Плесецк, выводя на околоземные орбиты спутники для научных исследований и космические аппараты народнохозяйственного назначения. В зависимости от массы спутника «Циклон» способен вывести его на близкую к круговой орбиту высотой в пределах от 200 до 3600 км или на эллиптическую орбиту в пределах от 200 до 8000 км.

Двигатели ракеты работают на самовоспламеняющемся топливе — несимметричном диметилгидразине и азотном тетраоксиде.

Высота ракеты-носителя «Циклон» с головным обтекателем 39,3 м, диаметр ее первой и второй ступеней составляет 3 м, третьей ступени — 2,7 м.

Двигатели первой и второй ступеней в течение 280 с разгоняют ракету, затем третья ступень с космическим аппаратом в течение некоторого времени находится в пассивном полете, и в апогее баллистической траектории включается ее двигатель. При необходимости вывода спутника на более высокую траекторию двигатель третьей ступени после короткого перерыва включается вторично.

Подготовка «Циклона» к запуску имеет ряд особенностей.

Если первая и вторая ступени испытываются в монтажно-испытательном корпусе традиционно, то все системы третьей ступени проходят автономные испытания с помощью автоматизированного технологического оборудования.

Сборка ракеты-носителя и ее стыковка с космическим аппаратом производятся на транспортно-установочном агрегате.

После еще одной проверки электрических цепей ракеты и спутника, установки головного обтекателя и проверки систем отделения обтекателя и спутника доступ людей к собранной системе прекращается и последующие операции выполняются автоматически.

Электротрягач с транспортно-установочным агрегатом подходит к пусковому столу, и ракета-носитель со спутником устанавливается вертикально — а людей вокруг нет! Автоматически присоединяются к наземным системам разъемы электрических, пневматических и гидравлических цепей ракеты, расположенные на ее нижнем торце.

Стартовая команда, находящаяся в бункере, через систему теленаблюдения осуществляет пооперационный контроль за происходящими процессами и наиболее ответственными узлами.

Новая технология позволяет осуществить вывоз ракеты-носителя со спутником на старт, ее установку, заправку и подготовку к пуску менее чем за 3 ч.

После включения двигателей ракета почти мгновенно стремительно уходит ввысь.

В феврале 1989 г. с космодрома Плесецк был выведен на орбиту юбилейный спутник «Космос-2000». И к тому моменту, когда эта книга попадет к читателю, еще много космических аппаратов уйдут на просторы Вселенной из этой северной космической гавани.

Управление космическими полетами

Управление полетами орбитальных научных станций, транспортных кораблей «Союз» и грузовых кораблей «Прогресс», автоматических межпланетных станций, орбитальных космических кораблей многообразного использования «Буран» производится из находящегося в Подмосковье Центра управления полетом. Для обеспечения управления полетом используются сеть станции слежения; комплекс моделирующих средств, включающий модели станции и корабля; система связи, включающая и спутники связи «Молния».

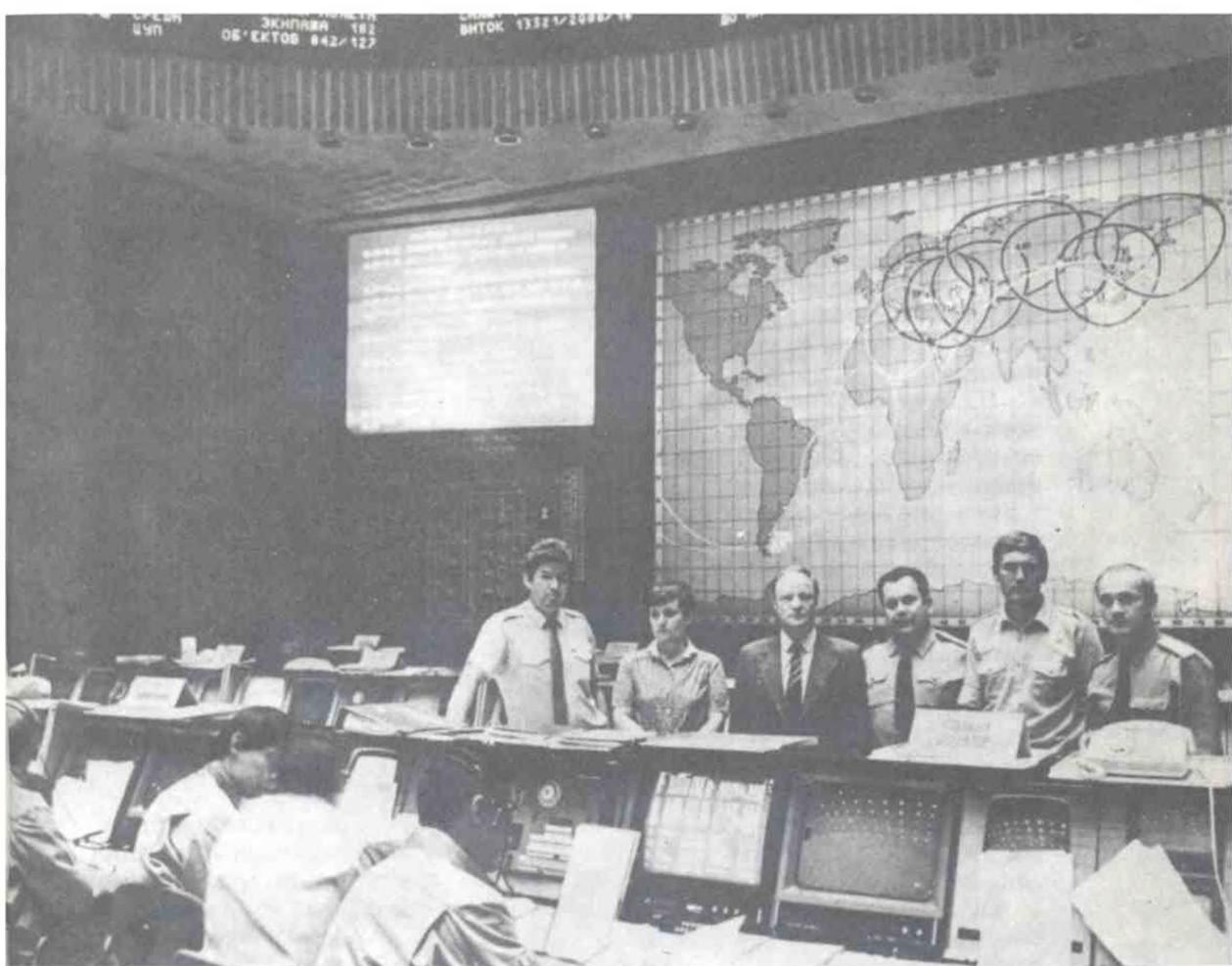
Центр управления полетом осуществляет оперативное руководство и координацию работы всех привлекаемых средств; сбор, обработку и отображение телеметрической, траекторной и телевизионной информации, поступающей с борта станции, транспортных и грузовых кораблей, автоматических космических аппаратов; взаимодействие со стартовым и поисково-спасательным комплексами, тренажно-моделирующими средствами и различными организациями, участвующими в проведении полета.

В Центре находятся руководитель полета и персонал управления полетом. Центр управления полетом оснащен вычислительным комплексом, средствами сбора, обработки и отображения информации, внутренней связи и телевидения, системой дистанционной выдачи команд, ведения связи с экипажами. Центр управления имеет связь с Московским телевизионным техническим центром в Останкине.

Центр управления полетом в последнее время существенно усовершенствован. Созданы новые залы управления, модернизирован информационно-вычислительный комплекс Центра на базе системы «Эльбрус», который обеспечивает теперь решение задач управления одновременно несколькими космическими аппаратами; перестроена система внутренней связи, увеличено число каналов связи Центра со станциями слежения для обеспечения одновременной передачи в Центр управления телефонной, телеметрической и телевизионной информации с трех космических объектов по наземным каналам и через спутники связи типа «Молния».

Вычислительный комплекс Центра и усовершенствованная система связи позволяют в реальном масштабе времени передать, обработать и представить на экранах отображения для персонала управления информацию со всех без исключения телеметрических датчиков орбитальных станций и двух транспортных кораблей «Союз» одновременно. Персонал управления состоит из специалистов различного профиля. Тут специалисты по программе полета и организации управления полетом, конструкторы станции и космических кораблей, ученые, баллистики, врачи, связисты, специалисты по управлению работой станций слежения и обслуживанию технических средств Центра, представители научных организаций нашей страны и других стран, участвующих в проведении того или иного полета.

Основная часть персонала управления располагается в Центре управления полетом, это Главная оперативная группа управления полетом. Часть персонала размещена на станциях слежения и судах Академии наук, в Государственном научно-исследовательском и производственном



В главном зале Центра управления полетом

центре «Природа» и Центре медико-биологических исследований, в Институте космических исследований Академии наук.

Возглавляет персонал управления руководитель полета, ответственный за выполнение программы полета.

При работе с орбитальными станциями управление полетом ведется из двух залов: главного зала управления полетом станции и зала управления транспортными и грузовыми кораблями. Работу персонала в залах управления возглавляют сменные руководители полета.

В каждом зале размещаются: сменный руководитель полета, ответственные специалисты по основным бортовым системам; ответственные за планирование программы полета, за комплексный анализ работы бортовых систем; оператор-космонавт, осуществляющий связь с экипажем; представители организации-разработчика станции и кораблей; баллистик; врач, ответственный за медицинский контроль экипажа; сменный руководитель Центра (связь, вычислительный комплекс, системы отображения и т. п.).

Все специалисты работают за пультами, имеющими индивидуальные средства отображения и связи.

Персонал работает в 4 смены. Передача смен происходит в ходе полета.

Управление станцией или транспортным кораблем Центру управления полетом передается со стартового комплекса космодрома непосредственно после отделения последней ступени ракеты-носителя.

До этого момента персонал залов управления по телеметрическим каналам контролирует работу бортовых систем, наблюдает за экипажем по телевидению, прослушивает переговоры экипажа со стартовой командой.

На центральном экране отображается ход полета ракеты-носителя на всем участке выведения. После отделения корабля от ракеты-носителя специалисты Центра управления контролируют по телеметрическим данным раскрытие антенн, устанавливают связь с экипажем, приступают к проверке бортовых систем. Когда космический корабль входит в зону видимости наземных станций слежения (движение корабля отображается на центральном экране главного зала), в соответствии с программой полета начинается выдача команд на борт. Персонал в зале контролирует выдачу команд и прием их на борту. На борту непосредственно по командам с Земли или экипажем включаются необходимые системы. Станции слежения начинают прием и передачу в Центр управления телеметрической траекторной информации и телевизионных изображений с борта. Тут же телеметрическая и траекторная информация подвергается автоматической обработке на ЭВМ Центра и подается на средства отображения в зал управления.

Телеметрическая информация тщательно анализируется специалистами по системам, которые дают ответственному за комплексный анализ заключения о состоянии и работе каждой бортовой системы.

Ответственные по отдельным системам имеют тесную связь с персоналом обеспечения, размещенным вне зала, и могут, в случае необходимости, проконсультироваться с ним либо получить дополнительную информацию о работе систем.

Если обнаружены отклонения в работе систем корабля от нормальных режимов, специалист по комплексному анализу подготавливает предложения по устранению неисправностей и корректировке режимов работы бортовых систем и сообщает об этом сменному руководителю полета.

Врач, ответственный за медицинский контроль, производит подробный анализ биотелеметрических данных, оценивает состояние экипажа и сообщает об этом сменному руководителю полета.

По мере обработки траекторной информации и определения параметров орбиты на ЭВМ баллистические данные автоматически передаются в зал управления на средства отображения.

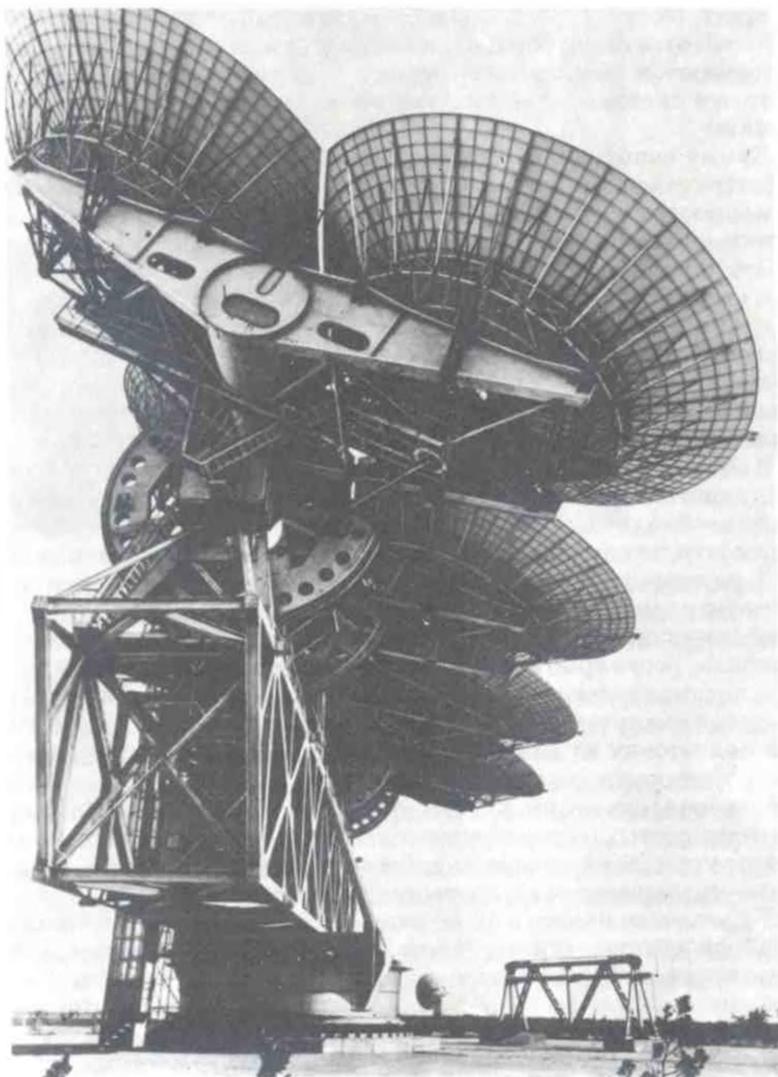
Оператор-космонавт ведет из зала запланированные радиопереговоры с экипажем. Ответственный станции слежения контролирует их работу и в случае отклонений от программы информирует об этом сменного руководителя полета и принимает меры по устранению отклонений.

Специалист по бортовой электронно-вычислительной машине контролирует ее работу и в случае необходимости готовит данные для корректировки программ ЭВМ, которые затем передаются на борт.



Антенны одной из станций слежения

Антенны дальней космической связи



Сменный руководитель Центра контролирует работу всех служб Центра и в случае отклонений в их работе информирует об этом сменного руководителя полета и принимает меры по их устранению.

Сменный руководитель полета, анализируя всю поступающую к нему информацию, принимает решение о дальнейшей программе полета. Если нет никаких отклонений в работе бортовых и наземных систем, он дает разрешение на проведение очередных операций в соответствии с запланированной программой.

Если необходимо внести изменения в программу, такую корректировку производит ответственный за планирование программ. В случае необходимости для идентификации нарушений и проверки корректирующих действий могут использоваться математическая модель станции или комплексный стенд обработки информации корабля. Принятые решения выполняются посредством передачи радиокоманд непосредственно на бортовые системы станции или корабля или передачи радиопрограмм экипажу.

Кроме основных специалистов, находящихся в зале управления, в Центре имеются группы поддержки. Входящие в них специалисты размещаются в отдельных помещениях, оборудованных пультами, аналогичными тем, которыми оснащены залы управления.

Эти специалисты обеспечивают персонал, размещенный в залах управления, расчетами и информацией, на основании которой принимается решение по программе полета, они консультируют специалистов залов управления и оказывают им помощь в анализе работы бортовых систем, помогают реализовать принятые сменным руководителем полета решения, обеспечивают работу технических средств Центра и перспективное планирование полета.

В состав персонала Центра управления полетом входят и специалисты по баллистике, образующие Главный баллистический центр и обеспечивающие необходимые баллистические расчеты по определению орбиты, зон видимости, входу и выходу корабля из тени, маневрам, а также данные, необходимые для проведения научных экспериментов, и представители поисково-спасательного комплекса, находящиеся в постоянной готовности к работе в случае экстренного спуска экипажа, и группа медицинского контроля, регулярно анализирующая биотелеметрические данные и поддерживающая связь с Центром медицинского обеспечения полета, и группа, планирующая программы дней отдыха экипажа, обеспечивающая подготовку музыкальных передач для экипажа, радиовстречи экипажа с семьями, деятелями культуры и науки.

Для консультаций руководства полетом в период экспериментов, подготовленных сотрудничающими по программе полета странами, в Центре управления полетом работает консультативная группа специалистов — представителей соответствующих стран.

Управление полетом орбитальных станций, транспортных и грузовых кораблей осуществляется через сеть наземных станций слежения, расположенных в районе городов Евпатория, Тбилиси, Джусалы, Колпашево, Улан-Удэ, Уссурийск, Петропавловск-Камчатский, и научных судов Академии наук «Космонавт Юрий Гагарин», «Академик Сергей Королев», «Космонавт Владимир Комаров», «Космонавт Владислав



Корабль «Академик Сергей Королев»

Волков», «Кеостров», «Моржовец» и др. Наземные и морские станции слежения размещены таким образом, чтобы обеспечить связь со станцией и транспортными кораблями на всех витках полета без исключения.

При этом на витках, во время которых происходят стыковки, выход экипажа в открытый космос и спуск корабля с орбиты, обеспечивается наибольшая продолжительность связи с экипажем.

До начала работ по управлению полетом персонал управления производит цикл тренировок. Для тренировок используются математические модели орбитальной станции, физические модели транспортных кораблей, тренажеры. К тренировкам привлекаются реальные станции слежения и средства связи. В тренировках участвуют экипажи кораблей «Союз».

Тренировки проводятся в условиях, максимально приближенных к условиям реального полета. Отрабатывается программа полета в реальном времени, взаимодействие между отдельными группами персонала управления, взаимодействие Центра управления со станциями слежения. Наиболее сложные этапы полета отрабатываются многократно.

Возвращение на родную Землю

Даже при самом стремительном развитии научно-технического прогресса, даже при самой тщательной отработке всех систем ракеты-носителя, космического аппарата, наземных систем, обслуживающих космический полет, такой полет — далеко не прогулка. Это тяжелая и опасная работа. Даже очень небольшие отклонения или неисправности в работе двигателей ракеты-носителя, или космического аппарата, или других систем могут привести к аварийной ситуации и, в частности, к посадке космического корабля в незапланированном районе.

Так, на завершающей стадии космического полета Павла Беляева и Алексея Леонова на корабле «Восход-2», во время которого Алексей Леонов впервые в истории вышел из корабля в открытый космос, отказала система автоматического управления. Павел Беляев впервые в мире возвращал спускаемый аппарат на родную Землю, используя ручное управление. При огромных скоростях космического полета задержка, связанная с переходом на ручное управление, привела к посадке в незапланированном районе в густом уральском лесу недалеко от Перми.

5 апреля 1975 г. совершили вынужденную посадку в горах через 21 мин 27 с после взлета из-за отклонений в работе третьей ступени ракеты-носителя космонавты Василий Лазарев и Олег Макаров на корабле «Союз-18-1».

Неисправность двигательной установки осложнила полет корабля «Союз-33» с международным экипажем — советским космонавтом Николаем Рукавишниковым и болгарским космонавтом Георгием Ивановым. Существовала известная степень вероятности, что космонавты приземлятся в нерасчетном районе.

А ведь и при полностью успешном, безаварийном полете возвращение на Землю, посадка корабля — очень ответственная и сложная операция.

На завершающем этапе полета большую роль играет поисково-спасательная служба, ставшая самостоятельным звеном в сложной цепи служб космонавтики еще на заре космических полетов. Современная поисково-спасательная служба — это большой слаженный коллектив квалифицированных специалистов разных профессий: синоптиков и радистов, летчиков и шоферов, моряков и водолазов, механиков и сварщиков.

Эта служба состоит из целевых поисковых комплексов. Каждый такой комплекс, состоящий из нескольких групп, имеет свой командный пункт, который поддерживает связь с Центром управления полетом, космодромом и командно-измерительными пунктами.

Поисково-спасательная служба оснащена современной техникой. Это самолеты, вертолеты, корабли, амфибии, аэросани, болотоходы, снегоходы, автомобили повышенной проходимости, оборудование для поиска и обнаружения спускаемого аппарата, линии радио- и телеграфной связи, включая связь через спутники связи. Самолеты и вертолеты имеют на борту надувные лодки, плотники и другое оборудование, которое сбрасывается космонавтам, если невозможна посадка вертолета рядом. На вертолетах поисково-спасательной службы — траверсы, тросы и балки, которые позволяют поднять в воздух и перенести в нужное место спускаемый аппарат.



Техника поисково-спасательной службы космических полетов



В. Джанибеков после завершения одного из полетов. «Спасибо за надежность»



Г. Гречко помогают покинуть спускаемый аппарат корабля «Союз» после завершения космического полета



Вся наземная техника может транспортироваться самолетами АН-12 и ИЛ-76, тяжелыми вертолетами Ми-6 в любой район бывшего Советского Союза, где предполагается посадка спускаемого аппарата с космонавтами.

Поисково-спасательная служба обеспечивает быстрый поиск и обнаружение совершившего посадку спускаемого аппарата, эвакуацию космонавтов и самого аппарата в установленное место. Группа неотложной медицинской помощи оказывает необходимую помощь экипажу сразу после приземления, затем оперативно-техническая группа эвакуирует космонавтов с места посадки и производит необходимое обслуживание спускаемого аппарата. Встречает спускаемый аппарат и специальный противопожарный вертолет с группой пожарников.

Если посадка произошла в незапланированном районе, в действие вступают парашютно-десантные группы, которые состоят из технических специалистов и врачей.

Во время поиска совершившего посадку аппарата основная роль отводится специально оборудованным поисковым самолетам. Обнаружив спускаемый аппарат, самолеты наводят на него вертолеты, сухопутные машины высокой проходимости или, если посадка произошла в океане, поисково-спасательные корабли. Если космический аппарат оказался в океане далеко от кораблей, к нему могут быть сброшены на парашютах специальные катера и десантные группы, которые эвакуируют аппарат с космонавтами.

Как видим, многое предусмотрено. В большинстве полетов, когда спускаемый аппарат возвращается на Землю в запланированном районе, его засекают уже в воздухе. И буквально через несколько минут после посадки рядом с возвратившимся из космоса аппаратом уже много техники и людей, друзья помогают счастливым, но ослабевшим от долгого пребывания в невесомости космонавтам выбраться из корабля, поздравляют их со славной работой и возвращением на родную Землю.

Но если посадка произошла в незапланированном районе, в особенности в районе безлюдном, со сложными климатогеографическими условиями, космонавты должны уметь самостоятельно справиться с трудностями до подхода групп поисково-спасательной службы.

Вот поэтому немаловажное место в подготовке космонавтов занимают тренировки с целью научиться при помощи носимого аварийного запаса, парашюта, спускаемого аппарата и подручных средств поддерживать свою жизнь и работоспособность в условиях экстремальных, которые бывают не только в космосе, но и на Земле. В этих тренировках отрабатывается также установка связи с поисковыми группами и проверяются средства сигнализации.

Такие тренировки проводятся в пустыне, в тайге, в горах. Немалое место занимают тренировки на море.

При посадке спускаемого аппарата космического корабля на воду надо уметь быстро его покинуть, держаться на воде так, чтобы меньше захлестывала волна. Гидрокостюм, в который облачается космонавт перед покиданием спускаемого аппарата, служит как бы надувной лодкой. Тут лучше всего лежать на спине, развернувшись головой к волнам. В таком положении проще выстрелить сигнальную ракету, удобнее дос-



тать из носимого аварийного запаса пищу, легче справиться с нака-
тывающей волной.

Уверенность в себе, умение координировать свои движения, находясь
на волне, становятся еще более необходимыми в тот самый момент, когда
спасение уже близко, когда над космонавтом снижается посланный с ко-
рабля вертолет. Пилот вертолета и космонавт на воде должны действо-
вать как можно более согласованно, особенно в условиях штормовой
погоды. Тут даже небольшая оплошность может обернуться катастро-
фой.

Задача космонавта в этот момент — облегчить работу пилота, помочь
ему точнее подойти к цели. От работы лопастей вертолета на поверхности
воды образуется воронка. Космонавт должен максимально приблизиться
к ее центру и вовремя поймать брошенный ему трос с крюком на конце, не
дать концу троса зарыться в волне, избежать случайного захвата за голову
или за ногу. Дело это очень непростое, особенно если море штормит.
В придачу к качке бывает и плохая видимость — ветер, мощный поток
воздуха от лопастей вертолета вызывают мириады мелких брызг, перед
глазами сплошное соленое марево водяной пыли.

Если космонавт промахнулся, все начинается сначала. А ведь каж-
дая новая попытка изматывает, отнимает силы.

Трудны и тренировки в мороз в лесу или в степи.

Георгий Береговой вспоминает: «Ранним февральским утром меня
и еще одного космонавта выбросили на парашютах в скованную морозом
лесную чащу. Нас снабдили спичками, бортовым пайком и ножами.



Тренировки на море

Освободившись от лямок и сложив парашюты, мы начали разведку местности. Снегу было очень много, но он оказался слишком сыпучим и хрупким, чтобы нарезать из него кирпичи и соорудить снежный домик. Тридцатиградусный мороз заставлял поторапливаться с решением.

В поисках кто-то из нас провалился в глубокую заснеженную яму. Мы решили воспользоваться ею как берлогой. Выгребли из ямы снег. Нарубили ножами еловых веток и густо устлали ее дно. Соорудили крышу — перекрытие из веток и парашюта. Сверху забросали все сооружение снегом. И прожили в этой берлоге до прибытия «спасателей», которые, придирчиво оглядев нашу «постройку», решили, что экзамен мы выдержали. Пищу разогревали на костре, чай вскипятили в опорожненных консервных банках».

Содержание «проб на выживаемость» меняется, вносятся всевозможные элементы неожиданности, но суть остается неизменной — подготовка к преодолению любых трудностей и неожиданностей.

Не меньше испытаний, чем в тайге, достается космонавтам при тренировках в пустыне. Высаживают их с вертолета на раскаленный безжалостным солнцем песчаный бархан. Задача — с минимальным снаряжением, с очень небольшим запасом выжить, добраться до лагеря врачей и экзаменаторов. Тут особенно важно уметь правильно распределить силы, запас воды. Суметь уберечься от зноя, от песчаной бури.

Конечно, космонавтов специально готовят к тренировкам «на выживаемость». Им читают соответствующие лекции, показывают кинофильмы. Но именно в этих тренировках успех в наибольшей степени зависит от собственных знаний, смекалки, опыта.

13 Мирный космос — арена сотрудничества

Наша страна — родина космонавтики — всегда выступала и выступает за широкое международное сотрудничество в освоении космического пространства в мирных целях.

В 1967 г. по инициативе СССР была принята программа «Интеркосмос», в которой решили участвовать Болгария, Венгрия, ГДР, Куба, Монголия, Польша, Румыния, Советский Союз и Чехословакия. Позднее к этой программе присоединился Вьетнам.

Работа по программе «Интеркосмос» с каждым годом все больше набирала силу, развивалась быстрыми темпами. Эта программа охватывала очень широкий спектр работ — от лабораторных исследований и создания приборов и аппаратуры для использования на спутниках, космических кораблях и орбитальных станциях до совместных пилотируемых космических полетов.

14 октября 1969 г. с космодрома Капустин Яр был запущен первенец — спутник «Интеркосмос-1» для исследования коротковолнового излучения Солнца и его влияния на атмосферу нашей планеты. В его подготовке участвовали, кроме нашей страны, ученые ГДР и Чехословакии.

В отработке экспериментов на запущенном в декабре того же года ИСЗ «Интеркосмос-2» участвовали уже 8 стран — СССР, Болгария, Венгрия, ГДР, Куба, Польша, Румыния и Чехословакия.

К 20-летию юбилею «Интеркосмоса» было выведено на орбиты уже 23 спутника «Интеркосмос», чехословацкий спутник «Магион», запущено 11 высотных геофизических ракет «Вертикаль» и большое количество метеорологических ракет.

Много совместных экспериментов проведено на спутниках «Космос», «Метеор», автоматических станциях «Прогноз», «Венера», «Вега», «Фобос». Совместные исследования принесли много нового науке и немало практических выгод странам — участницам «Интеркосмоса».

Летом 1976 г. в Москве был подписан протокол о включении граждан стран — участниц программы «Интеркосмос» в состав экипажей советских космических кораблей и орбитальных станций, о совместных пилотируемых полетах в космос.

Это был новый этап сотрудничества в освоении космоса.

В марте 1978 г. советский космонавт А. Губарев и представитель Чехословакии В. Ремек положили начало полетам в космос международных экипажей. Они участвовали в работах на орбитальной станции «Салют-6». На этой же станции вместе с ее основным экипажем работали



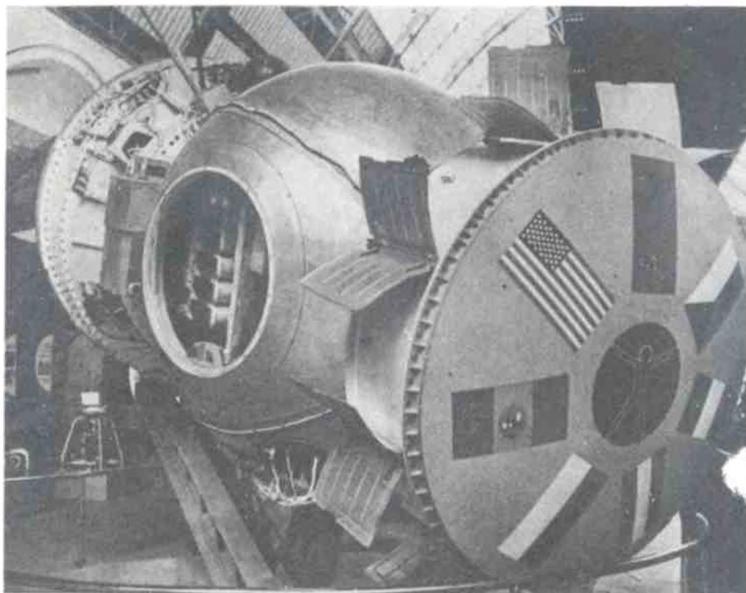
Спутник «Интеркосмос-20»

и второй международный экипаж — П. Климук и поляк М. Гермашевский — и третий международный экипаж — один из первых советских космонавтов В. Быковский и летчик-космонавт из ГДР З. Йен. В 1979 г. совершили совместный полет в космос Н. Рукавишников и болгарин Г. Иванов. В течение 1980—1981 гг. вместе с советскими космонавтами успешно работали в космосе Б. Фаркаш (Венгрия), Фам Туан (Вьетнам), А. Тамайо Мендес (Куба), Ж. Гуррагча (Монголия), Д. Прунариу (Румыния).

Космонавты этих стран участвовали в проведении многочисленных геофизических, медико-биологических, технологических и других исследований, экспериментов по дистанционному зондированию Земли, в их работе использовались многие приборы и аппараты, изготовленные в странах — участницах программы «Интеркосмос».

Однако международное сотрудничество нашей страны в космонавтике, конечно, не ограничивается программой «Интеркосмос». Многочисленные совместные работы по исследованию и использованию космического пространства проводит наша страна в рамках международных соглашений по связи с помощью спутников, системам навигации, системе КОСПАС-САРСАТ. Очень важные шаги в космонавтике предпринимались и предпринимаются по двусторонним соглашениям с США, Францией, Индией, Швецией; началось сотрудничество с Австрией, Японией и другими странами.

Впечатляющей и интересной была программа «Союз» — «Аполлон» — совместный эксперимент СССР и США. Полет состоялся после длительной и серьезной подготовки в июле 1975 г. Наш корабль «Союз» (космонавты А. Леонов и В. Кубасов) и американский «Аполлон» (космо-



Советский космонавт Н. Рукавишников и болгарский космонавт Г. Иванов на тренировке в ЦПК им. Ю. А. Гагарина

навты Т. Стаффорд, Д. Слейтон и В. Бранд) состыковались над планетой. Космонавты провели ряд совместных экспериментов, испытали принципиально новый стыковочный узел.

В 1992 г. подписано новое соглашение о сотрудничестве в космонавтике между Россией и США. Оно предусматривает полет российского космонавта на «Шаттле» и длительную работу американского астронавта на станции «Мир».

Весьма тесное сотрудничество в области космических исследований установилось у нашей страны с Индией. В 1975, 1979, 1981 гг. советскими ракетами-носителями с советских космодромов были запущены индийские искусственные спутники Земли («Ариабата», «Бхаскара-1» и «Бхаскара-2»). Эти спутники дали возможность индийским специалистам прогнозировать разливы рек, наблюдать за снежным покровом в Гималаях, за лесами и сельскохозяйственными угодьями.

Ученые нашей страны и Индии провели ряд важных совместных астрономических наблюдений. Кульминацией нашего сотрудничества был совместный космический полет в апреле 1984 г. Ю. Малышева, Г. Стрекалова и индийского космонавта Р. Шармы, давший много полезного обеим странам. В 1988 г. советской ракетой-носителем был выведен на орбиту индийский спутник ИРС-1А.

В течение многих лет очень успешно развивается сотрудничество в космонавтике нашей страны и Франции. Первое соглашение о таком сотрудничестве было подписано еще в 1966 г. во время визита в СССР президента Франции генерала де Голля.

Советскими ракетами-носителями было запущено 3 французских ИСЗ. На советских автоматических станциях «Марс», «Венера», на спутниках серии «Прогноз» устанавливались французские научные



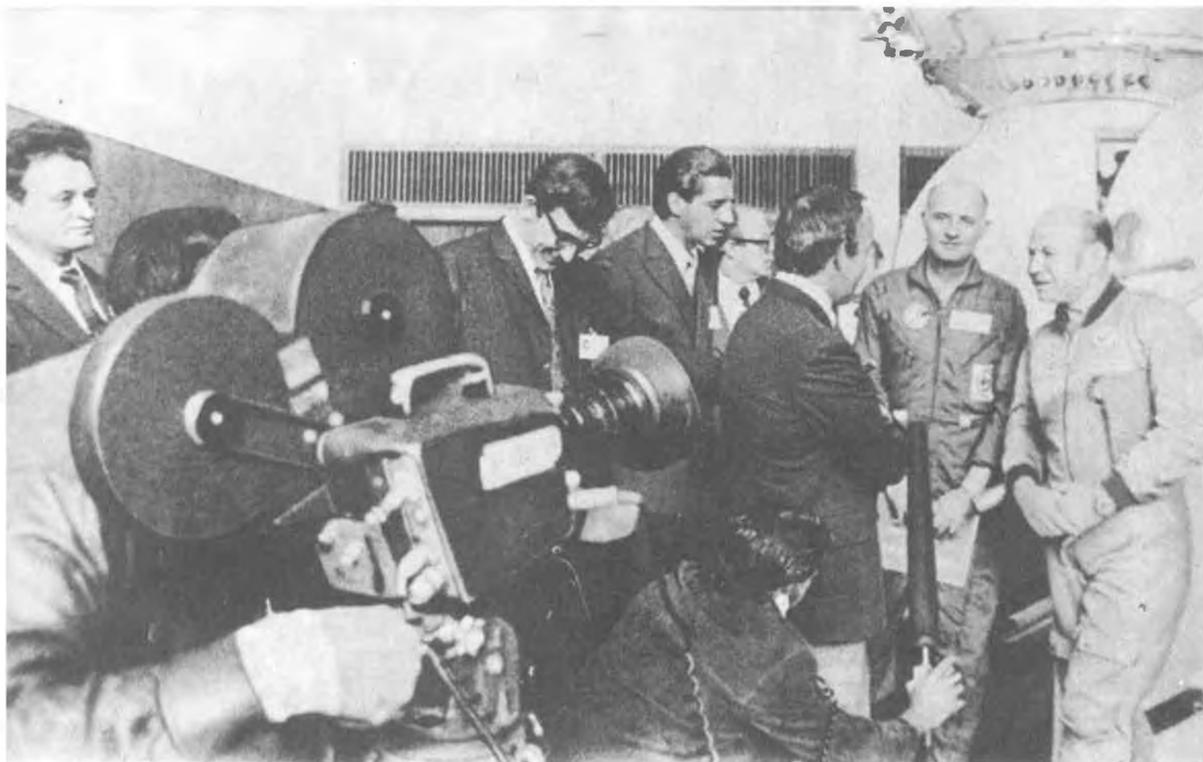
приборы. Богатую комплексную научную информацию дал совместный эксперимент «Снег». Интересные астрофизические исследования выполнены совместно разработанными приборами на советской автоматической космической станции «Астрон». Активное сотрудничество идет в области космической метеорологии.

В июне 1982 г. состоялся первый советско-французский пилотируемый полет. Советские космонавты В. Джанибеков и А. Иванченков вместе с французом Жан Лу Кретьеном стартовали на орбиту на борту корабля «Союз Т-6» и провели много интересных наблюдений и экспериментов вместе с основным экипажем на орбитальной станции «Салют-7».

А не так давно, в конце 1988 г., Жан Лу Кретьен вторично работал в космосе вместе с советскими космонавтами на орбитальном комплексе «Мир». На сей раз полет длился около месяца, был выполнен большой объем работы на борту станции, и, самое важное, впервые французский космонавт вместе с советским — Александром Волковым — вышел в открытый космос. Они провели на внешней поверхности станции монтаж крупногабаритной ферменной конструкции. На старт советско-французского экипажа на космодром Байконур прибыл президент Франции Миттеран. Достигнуто соглашение о дальнейшем развитии сотрудничества наших стран в области космонавтики.

В последние годы подписаны соглашения о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях с Италией, Бразилией, ФРГ, Канадой, Финляндией, Швейцарией...

Широко развивается сотрудничество на коммерческой основе. Космонавтика начала приносить солидный доход и в рублях, и в иностранной валюте. В декабре 1990 г. в течение недели на орбитальном комплексе «Мир» вместе с советскими космонавтами работал японский журналист Тохиро Акияма. Его телерепортажи из космоса с ликованием смотрела



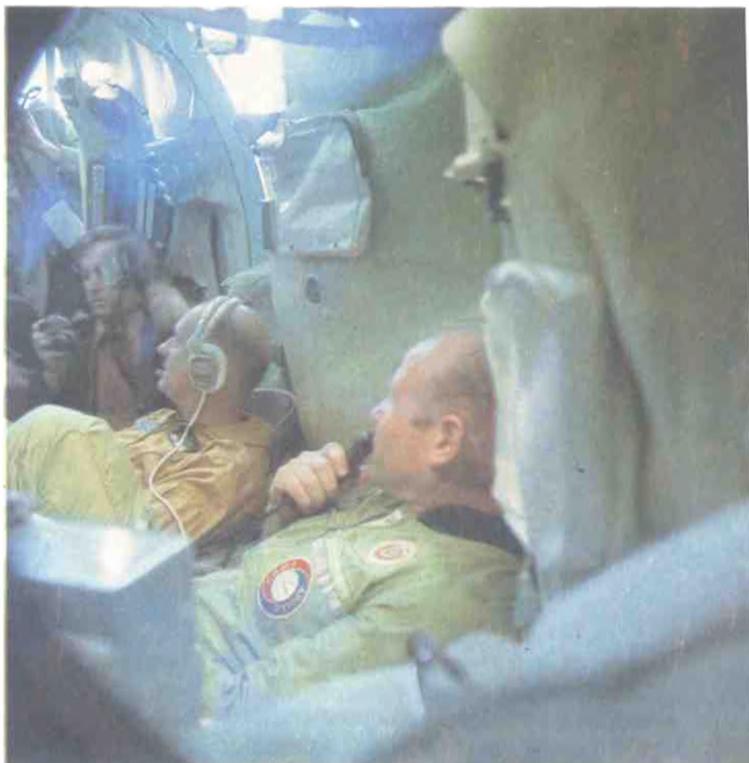
вся Япония. Вместе с ним цикл подготовки в Звездном прошла Риоко Кикуги.

Это был первый коммерческий рейс на «Мир» иностранного гражданина. Вслед за ним была оплачена в валюте нашим космическим организациям подготовка и космические полеты граждан Великобритании, Австрии, Германии, Франции.

Отлично прошла подготовку и успешно работала в космосе англичанка Хелен Шарман. В предварительном конкурсе участвовало почти тринадцать тысяч англичан! Она победила при отборе вместе с опытным летчиком, чемпионом Британии по прыжкам с парашютом Тимоти Мейсом. Оба отлично подготовились в Звездном, но Мейсу пришлось пропустить вперед леди. Она успешно работала в космосе с 18 по 26 мая 1991 г. Это о ней сказал Владимир Шаталов: «Она же светится изнутри, это сгусток воли, утонченный разум, огромное обаяние».

В первой половине октября 1991 г. на орбитальном комплексе «Мир» вместе с нашими космонавтами работал инженер-электрик из Австрии Франц Фибек. Он выполнял программу исследований «Австромир», которую подготовили ряд университетов, лабораторий и предприятий Австрии. Большинство этих экспериментов были медицинского характера,

Советские и американские космонавты дают интервью в Звездном городке



Советский космонавт А. Леонов и американский космонавт Т. Стаффорд в ЦПК во время подготовки к полету по программе «Союз» — «Аполлон»

велась также космическая съемка территории Австрии. Наша страна получила за этот полет 85 млн. шиллингов.

В марте 1992 г. был осуществлен российско-германский проект в космосе «Мир-92». Со стороны Германии работу немецкого космонавта на комплексе «Мир» обеспечивали и готовили Федеральное министерство исследований и технологии, Агентство по делам космонавтики (ДАРА), научно-исследовательская организация по авиации и космонавтике (ДЛР). Немецкими научно-исследовательскими институтами, университетами и клиниками было разработано для проведения в полете 14 экспериментов — один по технологии, остальные по медицине.

Германию в этом полете представлял летчик-испытатель первого класса, инженер авиационной и космической техники Клаус-Дитрих Фладе. Вместе с нашими космонавтами он отлично справился с этой работой.

В августе 1992 г. на станции «Мир» работал французский космонавт Мишель Таниньи.

Глобальность космических полетов, перспективы развития космонавтики, тот факт, что все большее число стран выходит в космос, дороговизна космических программ настоятельно требуют всемерного сотрудничества в освоении космического пространства.

14 «Энергия» — «Буран» — шаг в завтра

Не раз уже встречалось в этой книге в разных формах утверждение: быстро, очень быстро развивается космонавтика. Но как еще начать и этот наш раздел, если через тридцать один год после запуска первого в истории человечества советского искусственного спутника Земли массой 83,6 кг наша самая новая ракета-носитель «Энергия» вывела на околоземную орбиту груз массой 100 тонн!

И не просто груз, не ставшие уже привычными корабли типа «Союз», а космический корабль многоразового использования «Буран», который совершил свои первые два витка вокруг Земли и, ведомый чудо-автоматами, красиво приземлился на бетонную посадочную полосу Байконура, будто рейсовый лайнер Аэрофлота.

Очень важно понять, что это не просто очередное достижение нашей космонавтики, это достижение — начало нового этапа в освоении космоса. Это — шаг в будущее, шаг большой и принципиально важный.

Ракета-носитель «Энергия» создана для выведения в космос как многоразовых космических кораблей, так и других космических аппаратов разного назначения, большой массы и больших размеров. «Энергия» — базовая ракета целой системы ракет-носителей, образуемых сочетанием разного количества унифицированных модульных ступеней и способных выводить в космос аппараты массой от 10 до сотен тонн! Эта система ракет-носителей в сочетании с разными космическими аппаратами на десятилетия предопределяет развитие космонавтики.

Основу ракеты «Энергия», как бы ее стержень, представляет собой вторая ступень. Ее высота 60 м, диаметр около 8 м. На ней установлено 4 жидкостных ракетных двигателя, работающих на водороде (горючее) и кислороде (окислитель).

Тяга каждого такого двигателя у поверхности Земли 1480 кН (2000 кН в пустоте). Вокруг второй ступени у ее основания пристыкованы попарно 4 блока, образующие первую ступень ракеты-носителя. На каждом блоке установлен самый мощный в мире четырехкамерный двигатель РД-170 тягой в 7400 кН у Земли (8060 кН в пустоте). Эти двигатели работают на кислородно-керосиновом топливе. Длина бокового блока 40 м, диаметр 4 м. Каждый такой блок — это, по существу, самостоятельная ракета средней мощности. Общий диаметр «Энергии» у ее основания — около 20 м.

«Пакет» блоков первой и второй ступеней и образует мощную, тяжелую ракету-носитель, имеющую стартовую массу до 2400 т, несущую полезную нагрузку 100 т. Общая тяга ее двигателей в начале полета достигает 36 000 кН.



Ракета-носитель «Энергия» с кораблем «Буран» в МИКе космодрома

Построение носителя на базе второй ступени и унифицированных блоков-модулей первой ступени позволяет применить, так сказать, различный набор блоков и создавать на базе «Энергии» новые перспективные ракеты-носители тяжелого и сверхтяжелого класса.

Двигатели первой и второй ступени «Энергии» включаются на старте почти одновременно. (Двигатели центрального блока — второй ступени — на несколько мгновений раньше.)

Во время полета, после того как израсходовано топливо в блоках первой ступени, они попарно отходят от центрального блока и падают на Землю.

В будущем планируется оснастить «боковушки» парашютными системами и микродвигателями мягкой посадки, т. е. сделать их спасаемыми. В этом случае после соответствующей проверки и доработки они смогут использоваться повторно.

Вторая ступень продолжает полет до высоты 150 км и достигает суборбитальной скорости.

15 ноября 1988 г. именно в этот момент через 486 с после старта включились маршевые двигатели космического корабля «Буран». Их задача — добавить к скорости космического корабля еще 30—40 м/с, чтобы вывести его на околоземную орбиту.

«Буран» вышел на почти круговую орбиту (256—252 км от Земли) с периодом обращения 89,45 мин.

Вместо «Бурана» может быть другой космический аппарат, но он также должен быть оснащен двигателями, чтобы получить необходимый до-

ступеней и в случае отклонений в работе отключают аварийный агрегат. Установлены также эффективные системы предупреждения пожара и взрыва.

Все системы и агрегаты ракеты-носителя прошли множество испытаний на всевозможных устройствах и стендах — их было проведено более 6,5 тыс. Модульная часть первой ступени прошла и летные испытания при запусках новой ракеты-носителя среднего класса «Зенит».

И вот, наконец, 15 мая 1987 г. был проведен первый испытательный пуск «Энергии», который прошел успешно.

Мы рассказывали уже о космодроме Байконур, но для запусков «Энергии» на нем потребовалось, конечно, создать новые грандиозные сооружения.

Монтажно-испытательный корпус для сборки и испытаний «Энергии» — громадное здание: 240 м в длину и столько же в ширину. Часть здания имеет высоту до 60 м. Отдельный МИК поменьше, но тоже весьма внушительных размеров, предназначен для сборки и испытаний «Бурана». Его площадь более 70 000 м², высота 37 м.

После сборки корабля «Буран», после обклейки его металлического корпуса более чем 38 тыс. керамических плиток теплозащиты (обклейку производят в зале с кондиционированным воздухом при постоянной комнатной температуре), после многочисленных испытаний всех агрегатов и корабля в целом «Буран» перекочевывает в МИК «Энергии», здесь его пристыковывают к ракете-носителю.

Приближается время старта. И вот это невероятно сложное и огромное сооружение — ракета-носитель «Энергия» с «сидящим» на ней «Бураном» — направляется к стартовому комплексу. Транспортно-установочный агрегат — необычных размеров железнодорожная платформа с уникальными механизмами — медленно движется по двум железнодорожным колеям, расстояние между которыми 16 м. Четыре тепловоза тянут ее к месту старта.

Первый старт «Энергии» (без корабля «Буран») был произведен в мае 1987 г. с так называемого универсального стенд-старта. Он был создан для отработки в наземных условиях блоков первой и второй ступеней ракеты, огневых испытаний на полное время работы маршевых двигателей обеих ступеней носителя и может использоваться для старта ракеты-носителя в космос.

В первый полет вместе с многоразовым кораблем «Буран» 15 ноября 1988 г. «Энергия» ушла уже со штатного автоматизированного стартового комплекса.

И этот комплекс, и стенд-старт, и огромное вспомогательное хозяйство — уникальные сооружения.

На значительном расстоянии от стартового устройства находятся шарообразные баки — хранилища компонентов топлива — жидкого водорода и жидкого кислорода. Они имеют экранно-вакуумную теплоизоляцию, предусмотрены максимальные меры предосторожности при хранении этих компонентов и работе с ними. Ведь в смеси с воздухом при определенном соотношении водород взрывается. Тут же баки для хранения сжиженного азота и гелия. Вместе все эти хранилища образуют криогенный центр, который вмещает целый эшелон низкотемпературных жидкостей. Ведь

топливо составляет 90% стартовой массы ракетно-космического комплекса, азот и гелий используются для вспомогательных операций тоже в очень больших количествах.

Но вот платформа с «Энергией» и «Бураном» подведена к стартовому сооружению. Очень большой мощности домкраты переводят носитель с кораблем в вертикальное положение и устанавливают на стартовом столе. На стенде-старте проем под двигателями ракеты переходит в газоотводный лоток глубиной 42 м и таких размеров, что в нем можно разместить целую группу многоэтажных домов. На штатном стартовом устройстве вместо лотка — 3 больших газохода, рассекатель направляет по их руслам мощнейшие потоки газов от двигателей стартующей ракеты.

После установки на стартовый стол к ракете-носителю подкатывается мобильная башня обслуживания, многочисленные площадки которой обеспечивают доступ ко всем узлам ракетно-космического комплекса. И опять начинаются тысячи проверок и испытаний всех электроцепей, каждой бортовой системы, их взаимодействия. До самого старта по каналам телеметрии непрерывно контролируются около 20 тысяч параметров. Вся эта работа требует филигранной точности, напряженного непрерывного внимания.

Пневмогидравлические и электрические связи комплекса с наземным оборудованием осуществляются через заправочно-дренажную мачту. Перед началом заправки башня обслуживания откатывается на безопасное расстояние, а подвижные площадки заправочно-дренажной мачты с магистралями и кабелями отводятся перед стартом в соответствии с технологическим графиком, последняя — с магистралью для дренажа водорода — отводится уже после запуска двигателей и начала подъема ракеты.

Очень сложен процесс заправки топливом. Одновременную заправку всех 10 баков ракеты с высокой точностью обеспечивают более 4000 различных исполнительных органов. Именно с высокой точностью! Увы, это не бензобак автомобиля, который можно залить и наполовину, и целиком. Отклонение уровня заправки в каждом баке, вмещающем многие десятки, а то и сотни тонн, не должно превышать 10 миллиметров! Температура переохлажденного жидкого водорода должна выдерживаться с жесточайшей точностью.

Вся система подготовки к старту в высокой степени автоматизирована, построена на самых современных математических методах технологических процессов.

Во время заправки жидким водородом за 6 ч до пуска все люди удаляются со старта, а вокруг устанавливается строго контролируемая 15-километровая зона безопасности, передвижение по которой резко ограничено. Обслуживающий персонал в прочных бункерах, наблюдательный пункт не в 2,5 километрах, как при старте «Союза», а в 20! Да, с таким колоссальным количеством топлива, да еще при условии, что значительная его часть — водород, шутить не приходится.

В будущем «Энергия» будет выводить в космос «Буран» с экипажем, и на стартовом устройстве предусмотрена система спасения на случай аварийной ситуации.

Две большие элеваторные трубы соединяют корабль с бункерами



Посадка «Бурана». Его сопровождает МиГ-25

у подножия. По одной перемещается подъемник для посадки экипажа, по другой — эвакуационной — космонавты и стартвики могут соскользнуть вниз, где каждого специальный желоб вводит в отдельный бункер с мгновенно захлопывающейся стальной дверью. Таких бункеров 16.

Познакомившись с ракетой-носителем «Энергия» и стартовым комплексом, перейдем теперь к полезной нагрузке ракеты в ее полете 15 ноября 1988 г. — космическому кораблю многоразового использования «Буран». Прежде всего бросается в глаза коренное отличие корабля от привычного нам облика «Союза» и его большое внешнее сходство с американским многоразовым кораблем серии «Спейс-Шаттл». Это предопределено тем, что «Буран» — корабль многоразовый и возвращается из космоса на Землю не небольшой спускаемый аппарат, который после баллистического спуска приземляется на парашютах, а весь корабль в управляемом полете совершает посадку в точно установленном месте, подобно самолету, на специальную посадочную полосу. Это и требует придания много-разовому кораблю облика, близкого к контурам сверхзвукового самолета.

Корабль «Буран» построен по схеме самолета типа «бесхвостка» с треугольным крылом переменной стреловидности, имеет аэродинамические органы управления, работающие при посадке после возвращения в плотные слои атмосферы, — руль направления и элероны. Он способен совершать управляемый спуск в атмосфере с боковым маневром до 2000 км.

Длина «Бурана» 36,4 м, размах крыла около 24 м, высота корабля, когда он стоит на шасси, более 16 м. Стартовая масса корабля более 100 т, из которых 14 т приходится на топливо. В его обширном грузовом отсеке может размещаться полезная нагрузка массой до 30 т. В носовой отсек вставлена герметичная цельносварная кабина для экипажа и большей части аппаратуры для обеспечения полета в составе ракетно-космического комплекса, автономного полета на орбите, спуска и посадки. Объем кабины более 70 м³.

Очень важной особенностью «Бурана» является его мощная тепловая защита, необходимая, чтобы обеспечить нормальные тепловые условия для конструкции корабля при прохождении плотных слоев атмосферы во время посадки. Теплозащитное покрытие состоит из большого числа (более 38 тыс.) плиток, изготовленных с высокой точностью из специальных материалов (кварцевое волокно, высокотемпературные органические волокна, частично материал на основе углерода) по программам, учитывающим место установки каждой плитки на корпусе.

При возвращении в плотные слои атмосферы наиболее теплонапряженные участки поверхности корабля раскаляются до 1600°С, тепло же, доходящее непосредственно до металлической конструкции корабля, не должно превышать 150°С.

Керамическая броня обладает способностью аккумулировать тепло, не пропуская его к корпусу корабля. Общая масса этой брони около 9 т.

Грузовой отсек «Бурана» имеет длину около 18 м, а его диаметр 4,7 м. Он может вместить крупногабаритные космические аппараты — большие спутники, блоки орбитальных станций. И, что очень существенно, благодаря «Бурану» большие тяжелые грузы можно теперь не только выводить на орбиту, но и возвращать на Землю. Посадочная масса корабля 82 т.

«Буран» оснащен всеми необходимыми системами и оборудованием как для автоматического, так и для пилотируемого полета. Это и средства навигации и управления, и радиотехнические и телевизионные системы, и автоматические устройства регулирования теплового режима, и система жизнеобеспечения экипажа, и многое-многое другое.

В хвостовой части корабля расположена основная двигательная установка, две группы двигателей для маневрирования расположены в конце хвостового отсека и в передней части корпуса.

Двигатели «Бурана» служат для его довыведения на рабочую орбиту, межорбитальных перелетов, маневров корабля вблизи других орбитальных комплексов, ориентации и стабилизации корабля, торможения при спуске с орбиты.

Все двигатели объединены в единую установку, получают топливо из единых топливных баков, работают они на кислороде и углеродородном горючем.

Как известно, первый двухвитковый полет «Бурана» продолжался 205 мин, однако максимальная продолжительность его автономного самостоятельного полета рассчитана на первом этапе до 7 сут, а на втором — до 30 сут.

Во время полета корабля электронно-вычислительная машина на его борту непрерывно проводит диагностику различных бортовых систем и агрегатов и в случае необходимости автоматически включает резервные комплексы.

Бортовой комплекс управления состоит из многих систем, которые управляются автоматически по программам, заложенным в бортовую вычислительную машину. Именно насыщенность электронной техникой позволила «Бурану» в полете выполнять сложные маневры и посадку в автоматическом режиме. Компьютеры «Бурана» с очень большой скоростью обрабатывают поступающую от многочисленных датчиков информацию о его местонахождении, скорости, высоте, температуре и других параметрах, сравнивают ее с заложенными в машинную память данными и выдают соответствующие команды механизмам корабля.

Первый полет «Бурана» в космос прошел блестяще. И особенно впечатляюще выглядели возвращение корабля на Землю и его посадка в автоматическом режиме. Такой эксперимент был проведен впервые в истории космонавтики.

«Бурану» надо было после спуска из космоса точно выйти к специально построенной посадочной полосе и сесть в беспилотном режиме.

На Байконуре в 12 км от стартовой позиции «Энергии» был создан посадочный комплекс для многоразового корабля. Это посадочная полоса из прочного армобетона почти полуметровой толщины. Ее длина 4,5 км, ширина 84 м. Недалеко от полосы большое шестизэтажное здание — объединенный командно-диспетчерский пункт. Здесь расположены станции приема телеметрической информации, блоки системы навигации и посадки корабля, метеоцентр и центр связи и многое другое. Посадку обеспечивают системы посадки «Курс» и «Глиссада», система управления воздушным движением в районе Байконура, многочисленные радиотехнические средства. Здесь же средства для первого послеполетного обслуживания корабля и транспортировки его в монтажно-испытательный корпус. Таков первый аэродром «Бурана». Впоследствии планируется создание еще двух специализированных аэродромов для посадки космических кораблей многоразового использования. Это расширит возможности использования подобных кораблей.

Но вернемся к самому кораблю. Самостоятельный его полет начинается после разделения со второй ступенью ракеты-носителя, перед выходом на околоземную орбиту. Сразу после отделения с помощью мощных толкателей от ракеты включается часть двигателей малой тяги (всего их 38), чтобы сориентировать корабль, избежать его столкновения с ракетой. После вывода на орбиту автоматика ориентирует его левым крылом вниз — такое положение удобно для работ астрономических и радиосредств. Перед сходом с орбиты автоматы управления разворачивают корабль хвостом вперед и включаются двигатели, тормозящие «Буран», чтобы он сошел с орбиты. Затем вновь ориентация, чтобы обеспечить вхождение в плотные слои атмосферы под нужным углом.



Ракета-носитель
«Энергия-М»

Комплекс «Мир»
в полете

Вновь гасится скорость, и «Буран», преодолевая тысячи километров уже в атмосфере, подходит к расчетной точке посадки. От высоты 80 км и до 45—40 км над Землей — наиболее напряженные минуты полета, корабль от разогрева окружен слоем ионизированной плазмы, связь с ним в это время невозможна.

Радиотехнические средства посадочного комплекса обнаруживают возвращающийся корабль на высоте 40 км и на расстоянии до 400 км от места посадки. За время планирования в атмосфере скорость «Бурана» снижается с 5000 до 500 км/ч, а его посадочная скорость составляет уже 340—310 км/ч, как у сверхзвукового истребителя. Тормозной парашют площадью 75 м², создающий усилие до 650 кН, помогает снизить эту скорость до 50 км/ч, после чего он отстреливается. Процесс посадки корабля вдоль посадочной полосы фиксируют 16 телевизионных камер. А на заключительном этапе первого полета «Бурана» его до посадки сопровождал МиГ-25, который фиксировал его состояние.

До своего первого космического полета корабль многоразового использования, все его системы прошли огромное количество испытаний.

Тут и наземные испытания на различных стендах, и испытания различных систем на самолетах Ту-154, Ту-134 и МиГ-25, имитировавших различные фазы полета, и, наконец, полетные испытания в атмосфере корабля — аналога «Бурана». Как известно, американцы проводили такие испытания «Спейс-Шаттла», сбрасывая его на различных высотах «со спины» тяжелого транспортного самолета, у нас аналог «Бурана» был



оснащен авиационными реактивными двигателями. Первые испытания его в полете провели в ноябре 1985 г. летчики из группы будущих пилотов космического «Бурана» — Игорь Волк и Римантас Станкавичус. На «Буране»-аналоге было совершено большое количество испытательных полетов.

Какое-то представление об огромных трудностях, которые пришлось преодолеть сотням многотысячных коллективов различных КБ и организаций для создания и первых испытаний универсальной ракетно-транспортной системы «Энергия» — «Буран», может дать очень краткий рассказ о том, что даже такое, казалось бы, простое дело, как переброска «Бурана» и частей «Энергии» с заводов-изготовителей на космодром, потребовало больших усилий, неординарных конструкторских решений, изобретательности. Габариты 40-тонных 8-метрового диаметра узлов «Энергии» и планера «Бурана» не позволяли использовать железную дорогу. Оставался только воздушный путь, но даже могучий «Руслан», о котором мы рассказывали в начале книги, не мог вместить такой груз. Для этих уникальных перевозок был приспособлен тяжелый стратегический бомбардировщик конструкции Мясищева. На самолете установили более мощные двигатели, усилили крыло, изменили конструкцию фюзеляжа. Чтобы повысить устойчивость, вместо одного установили 2 больших кия. И вот «на спине» самолета необычные грузы стали прибывать на Байконур.

Теперь для перевозок «Бурана» и блоков «Энергии» служит огромный

самолет «Мрия», появившийся в 1989 г. О нем мы рассказали в той части книги, которая посвящена авиации.

Ракета-носитель «Энергия» и корабль «Буран» открывают очень большие возможности на новом этапе развития космонавтики — это и вывод на орбиту, и возвращение с орбиты больших искусственных спутников, блоков орбитальных станций и других конструкций, и спасение космонавтов при аварийных ситуациях на орбитальных станциях, и монтажные работы в космосе для создания огромных электростанций и стартовых площадок в космосе, это серьезная база для осуществления в будущем заветной мечты — пилотируемой экспедиции на Марс.

Нельзя не сказать и о том, что это прорыв в создании технологий, которые могут с успехом быть использованы в земной индустрии.

В 1990 г. на стартовом столе одной из площадок Байконура была установлена ракета-носитель «Энергия-М». Это облегченный вариант ракеты «Энергия». У «Энергии-М» только два боковых блока первой ступени. Она предназначена для выведения автоматических космических аппаратов на низкие орбиты. А с использованием разгонного блока — на средние, высокие круговые и эллиптические орбиты, а также на траектории полета к Луне и планетам Солнечной системы.

На низкие орбиты искусственного спутника Земли эта ракета может выводить аппараты массой до 35 т, а на геостационарную орбиту — массой до 6 т.

Стартовая масса ракеты-носителя «Энергия-М» — 1050 т.

* * *

Стремление человека к познанию безгранично — это главная пружина развития космонавтики.

Космонавтика нужна науке — она грандиозный и могучий инструмент изучения Вселенной, Земли, самого человека. С каждым днем все более расширяется сфера прикладного использования космонавтики.

Служба погоды, навигация, спасение людей и спасение лесов, всемирное телевидение, всеобъемлющая связь, сверхчистые лекарства и полупроводники с орбиты, самая передовая технология — это уже и сегодняшний, и очень близкий завтрашний день космонавтики. А впереди — электростанции в космосе, удаление вредных производств с поверхности планеты, заводы на околоземной орбите и на Луне...

Все больше стран вслед за нашей страной устремляются в космос. Достижения США в этой области хорошо известны. Три космодрома уже работают в Китае, с них запущено более двух с половиной десятков спутников, стартуют мощные западноевропейские ракеты-носители, сами выводят в космос свои спутники Япония и Франция, идет проработка проекта строительства международного коммерческого космодрома в Австралии, вслед за «Спейс-Шаттлами» и «Бураном» идет разработка французского многоразового корабля «Гермес» и обсуждаются возможности его стыковки в будущем с российскими орбитальными комплексами, на очереди воздушно-космические самолеты. И наконец, венец мечтаний — пилотируемые полеты на Марс — все больше перемещается из сферы чистой мечты в сферу реальных проработок.

Увлекателен завтрашний день космонавтики.

Содержание

Предисловие	3	7. Человек шагнул в космос	144
1. Самолеты покоряют небо	4	Первые пилотируемые	—
Немного истории	—	Встреча и стыковка в небе	158
Аэрофлот сегодня и завтра	16	8. От космических кораблей к	
На страже нашего неба	22	орбитальным станциям	161
2. Вертолет — машина универ-		На орбите космические корабли	—
сальная	37	Орбитальные станции в космосе	168
Немного истории	—	9. Вахта на околоземной орбите	174
Как устроен вертолет	39	«Салют-6» и «Салют-7» — прообразы	
Труженики неба	43	постоянных орбитальных станций —	
3. Самолет взлетает вертикально	53	Орбитальный комплекс модульного	
Час в воздухе, два по земле	—	типа «Мир»	189
Как укоротить аэродром	54	10. Работа в открытом космосе	205
Ускорители и тормозные устройства	60	11. Космонавтов готовят в Звездном	216
Вертикальные взлет и посадка	66	Как отбирают космонавтов	—
Вертикально взлетающие в строю	72	Перегрузки и невесомость	222
4. Все дальше в небо	80	Тренировки, тренировки, трени-	
Немного истории	—	ровки	234
Шаг за шагом	86	12. Наземные службы космо-	
5. Могучее сердце ракеты	89	навтики	247
Что заставляет лететь ракету?	—	Космические гавани	—
Современные ЖРД	93	Управление космическими полетами	258
Ракетные двигатели твердого		Возвращение на родную Землю	264
топлива	101	13. Мирный космос — арена сот-	
Ядерные ракетные двигатели	103	рудничества	270
Электрические ракетные двигатели	106	14. «Энергия» — «Буран» — шаг в	
И еще о ракетных двигателях	117	завтра	276
6. Автоматы работают в космосе	119		
Работа на околоземной орбите	—		
Автоматические аппараты дальнего			
космоса	131		

Учебное издание

Гильберг Лев Абрамович

ОТ САМОЛЕТА К ОРБИТАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСУ

Зав. редакцией *Н. В. Хрусталь*

Редактор *Т. П. Каткова*

Художник *Г. М. Чеховский*

Художественный редактор *В. М. Прокофьев*

Технические редакторы *Т. Е. Хотюн, Н. В. Славская*

Корректоры *Н. В. Бурдина, Л. С. Вайтман*

ИБ № 12901

Сдано в набор 10.12.91. Подписано к печати 11.11.92. Формат 70×90 ¹/₁₆. Бум. офсетная № 1. Гарнитура Школьная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 21,06+0,29 форз. Усл. кр.-отт. 82,85. Уч.-изд. л. 21,03+0,48 форз. Тираж 15 000 экз. Заказ 3188.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Министерства печати и информации Российской Федерации. 127521, Москва, Зйпроезд Марьиной рощи, 41.

Смоленский полиграфкомбинат Министерства печати и информации Российской Федерации. 214020, Смоленск, ул. Смольянинова, 1.



