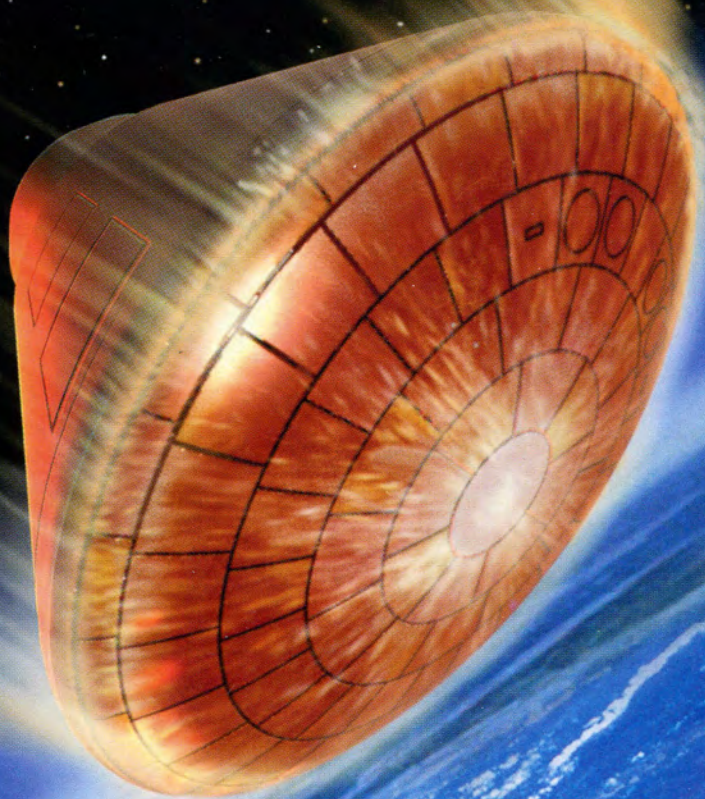


## ГОРЯЧАЯ ВОЛНА

На рисунке – спускаемый аппарат, который при повторном входе в атмосферу Земли преодолевает сопротивление воздуха.



# ВОЗВРАЩЕНИЕ ДОМОЙ

Любой объект, пробивающий атмосферу из космоса, при столкновении с воздухом нагревается. Когда на его борту есть люди, следует убедиться, что им ничего не угрожает.

### ГЛОССАРИЙ

**Плазма** – частично или полностью ионизированный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы. Возникает при очень высоких температурах.

**П**адение метеора не только красиво. На нем проявляют свое действие силы, угрожающие любому плотному объекту при входе в атмосферу. Так как метеор летит из космоса, он впервые входит в разреженную ионосферу нашей планеты – пограничный слой между Землей и космосом. Атмосфера, через которую проходит метеор приближаясь к земле, сильно уплотняется. В результате столкновения с молекулами воздуха становятся более частыми. Это явление из-

вестно как лобовое (аэродинамическое) сопротивление.

### ЗАГОРАНИЕ

Сопротивление воздуха нагревает поверхностные слои метеора, создавая белый горячий хвост из плазмы (см. «Глоссарий»). Сильнейший нагрев – серьезное препятствие для возвращения любого объекта из космоса. Космический аппарат, кроме того, должен утратить всю энергию, полученную им от ракетного двигателя.



Чтобы выйти на постоянную орбиту вокруг Земли, аппарату при запуске нужно набрать очень высокую скорость. Пилотируемые корабли и большинство спутников, которые должны безопасно повторно выйти на низкую околоземную орбиту, двигаются со скоростью около 9 км/с.

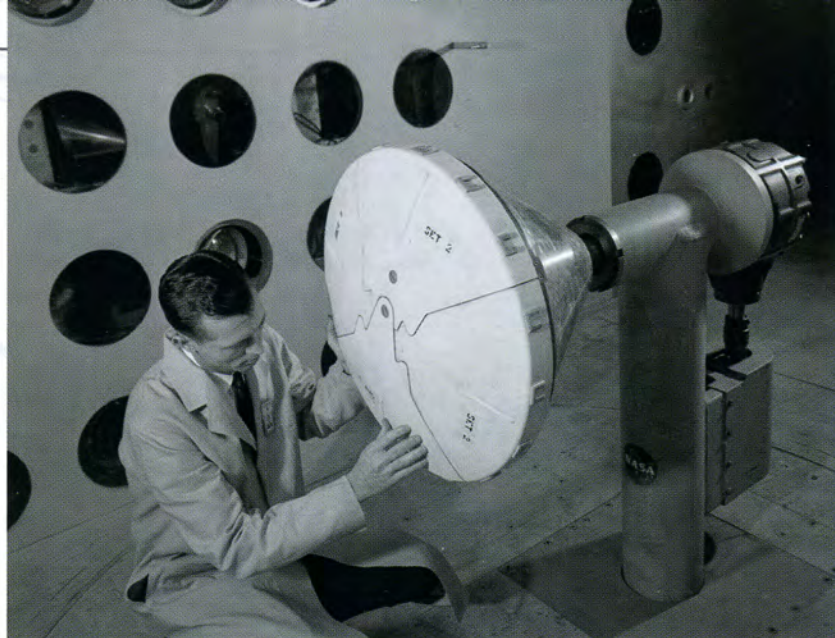
На обратном пути космический аппарат весом до 100 тонн, например шаттл, должен почти полностью сбросить орбитальную скорость всего за 80 минут – время, за которое аппарат проходит сквозь атмосферу. Это достигается за счет превращения кинетической энергии (энергии движения) в тепловую благодаря трению с воздухом.

## СБРОС СКОРОСТИ

Данная проблема стала очевидной для разработчиков реактивных ракет уже в 1950-х годах. Тепла, генерируемого при повторном входе в атмосферу, достаточно для уничтожения боеголовки. В разгар холодной войны и США, и СССР разрабатывали межконтинентальные баллистические ракеты, способные поражать города на противоположной стороне планеты.

Первой такой ракетой в СССР была Р-7, принеся ему космические успехи. Однако ее первый запуск в 1957 году закончился неудачей: ракета сгорела в 10 км над заданной целью.

Выход нашли два инженера НАСА – Альфред Эггерс и Джулиан Аллен. Оказалось, что обтекаемая форма была наихудшей для входа в атмосферу. В ка-



**ТЕСТ** В Исследовательском центре имени Лэнгли (США) готовят к испытанию материалы, созданные для защиты капсулы «Аполлона» от перегрева при повторном входе в атмосферу.

### ГЛОССАРИЙ

**Сублимация** – переход вещества из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое вследствие чрезмерного нагрева.

честве альтернативы они предложили теорию обтекания затупленного тела.

При затупленной форме путь воздуха от переднего края объекта затруднен. Это создает воздушную подушку, которая отталкивает ударную волну и сопровождающее ее тепло от передней части аппарата. В этом случае тепловая нагрузка значительно снижается и уменьшается риск возгорания.

В конце 1950-х годов затупленные носовые конусы устанавливали уже на все баллистические ракеты, и повторный вход в атмосферу стал обычным делом. Закругленный профиль применялся при сборке всех первых пилотируемых космических кораблей СССР. Спускаемый аппарат «Востока-1», космического корабля Юрия



**УНИЧТОЖЕНИЕ ОТХОДОВ** Грузовой корабль «Прогресс» с отходами с Международной космической станции сожгли в атмосфере.

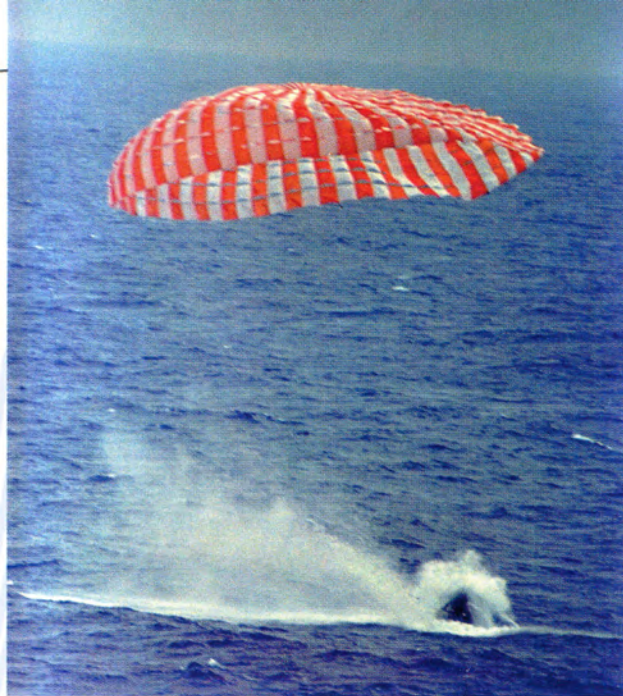


КАК ЭТО РАБОТАЕТ

## УПРАВЛЯЕМОЕ СЖИГАНИЕ

Управляемое сжигание – обычный способ избавления от вышедших из строя спутников. Командой с Земли спутник уводят с орбиты, позволяя ему упасть в атмосферу. В зависимости от размера аппарат либо полностью сгорает, либо падает, как правило, в океан. В среднем в атмосферу Земли ежедневно входит один такой объект. Иногда возникают критические ситуации. Так, в феврале 2008 года ВМС США сбили свой спутник-шпион, орбита которого снизилась, поэтому возникла угроза, что топливный бак упадет на Землю. Это привело бы к официальным жалобам со стороны России, Китая и Беларуси. В июле 1979 года части космической станции «Скайлэб» упали на территорию Австралии, и правительство США было оштрафовано на 400 долларов США за выбрасывание отходов (см. «Мир астрономии», выпуск 59).





**ПРИВОДНЕНИЕ** В июне 1966 года «Джемини-9А» приводнился в Тихом океане. На борту были Томас Страффорд и Юджин Сернан.

**ОГНЕННЫЙ ШАР**  
Спускаемый аппарат «Востока-1» Юрия Гагарина местами выжжен из-за сильнейшего нагрева при входе в атмосферу.

и сбрасывались (вместе с теплом) с потоком плазмы (как у метеора), сохраняя при этом невредимыми салон и людей.

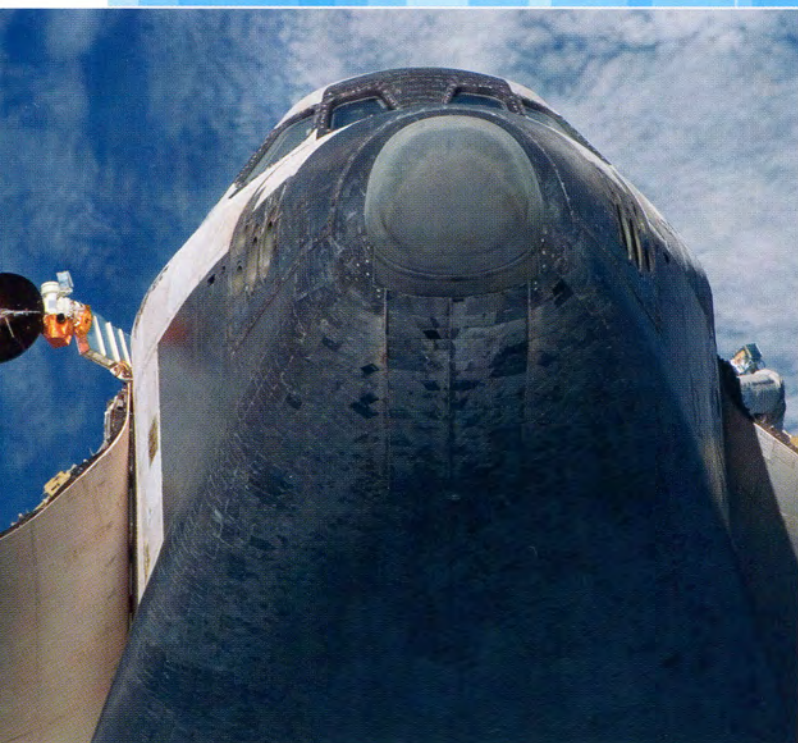
## ПРИВОДНЕНИЕ

Советские запуски проходили на космодроме Байконур в Казахстане. В случае неудачи космический аппарат совершал аварийную посадку на суше. Спускаемый аппарат «Восток» оснастили тормозными ракетами, чтобы замедлить его падение. Однако парашютное приземление в спускаемом аппарате считалось слишком опасным для космонавтов, поэтому Юрий Гагарин покинул его в 7 км над землей.

Площадки для запусков в США расположены близко к океану. Это дало НАСА

Гагарина, имел сферическую форму, равно как и носовая часть космических зондов 1М (Marsnik) и «Венера». Для «Меркурия», «Джемини» и «Аполлона» НАСА выбрало коническую носовую часть и плоское днище.

Спускаемый аппарат, подошедший к атмосфере днищем, разворачивался так, чтобы как можно меньше нагреться от сопротивления воздуха. Первые спускаемые аппараты оснащали тяжелыми абляционными тепловыми щитами (см. «Технологии»). Их делали из таких материалов, которые обугливались при снижении



ТЕХНОЛОГИИ

## ТЕПЛОВЫЕ ЩИТЫ

**А**мериканский ученый Роберт Годдард еще в 1920-х годах сформулировал концепцию абляционного теплового щита. При этом он отмечал следующее: «Метеоры входят в атмосферу со скоростью 30 миль в секунду (48,3 км/с)... и внутри остаются холодными, и эрозия во многом обусловлена раздроблением или раскалыванием быстро нагретой поверхности». При такой системе защиты сам щит обугливается, плавится и подвергается сублимации (см. «Глоссарий»), но его внутренняя часть остается холодной.

В шаттле используется изоляция, а не абляция. Его пенокерамические (на основе двуокиси кремния) тепловые щиты выдерживают многократные входы в атмосферу. Но самые эффективные поглотители тепла – это черные усиленные углеродо-углеродные щиты, установленные в носовой части и на концах крыльев, где температуры самые высокие.

**ЖАРОСТОЙКИЕ** Когда шаттл входит в атмосферу Земли, от гибели его защищают огнеупорные щиты, установленные в носовой части.





ЗВЕЗДЫ КОСМОСА

СКОТТ КАРПЕНТЕР (1925–2013)

**Б**ывший летчик-испытатель Скотт Карпентер входил в состав «Меркурия Семь» – первой команды американских астронавтов. Он отличался бойцовскими качествами, любознательностью и независимым мнением.

У него возникли проблемы с повторным входом в атмосферу из-за сбоя автоматической системы ориентации. Кроме того, он отвлекся на светящиеся частицы, о которых сообщил напарник Джон Гленн. Это были кристаллы льда, образовавшиеся на капсуле, а затем сгоревшие в атмосфере.

К сожалению для Карпентера, эта ошибка привела к серьезному отклонению корабля от траектории при входе в атмосферу. Он приземлился в 400 км от заданного района.



**МИМО ЦЕЛИ** Астронавт Скотт Карпентер, ошибка которого привела к приземлению далеко от заданного района.

рость аэроторможением. Планирование вниз происходит автоматически, но приземлением на скорости 350 км/ч управляет человек (см. «Мир астрономии», выпуск 72). Поскольку для приземления нет дополнительного источника питания, имеется лишь одна попытка.

### ЖЕСТКОЕ ПОКРЫТИЕ

Пробивая атмосферу Земли, шаттл наклоняется под углом 40°, чтобы усилить аэроторможение. Ему необходимо мощное покрытие из тепловых щитов. Оно нагревается до 1250 °С с одной стороны и остается холодным на ощупь с другой.

К сожалению, повреждение даже одного теплозащитного щита, находящегося в уязвимом месте, может привести к катастрофе, как было с шаттлом «Колумбия» в 2003 году. Кусок теплоизоляции отлетел от наружного топливного бака и повредил теплозащитный слой на левой плоскости

## « РАКЕТА РАБОТАЛА БЕЗУПРЕЧНО. ВСЕ, ЧТО ОТ МЕНЯ ТРЕБОВАЛОСЬ, – ЭТО ПЕРЕЖИТЬ ПОВТОРНЫЙ ВХОД В АТМОСФЕРУ. ВСЕ ПРОИСХОДИТ ДОСТАТОЧНО БЫСТРО – ВСЕГО ЗА 16 МИНУТ».

Астронавт «Меркурия Семь» Алан Шепард – первый американец в космосе

### ПОСЛЕДНИЙ ВХОД

Горячие газы вокруг шаттла «Колумбия», когда он проходит над авиабазой «Киртленд» (штат Нью-Мексико, США) перед гибелью.

**ПРИБЫТИЕ** На рисунке «Орион», выбранный НАСА для замены шаттла, спускается на парашюте.

крыла. Когда «Колумбия» повторно входила в атмосферу, горячие газы проникли внутрь и разрушили крыло. «Колумбия» быстро распалась в воздухе.

Отказ от шаттла в 2010 году и замена его космическим кораблем «Орион» (мы расскажем о нем в следующем выпуске) означали возвращение к старой доброй технологии – капсуле с затупленным носом и защищенным днищем.

возможность совершать над водой и экстренное прерывание полета, и повторный вход в атмосферу. Но у приводнения есть свои опасности.

В 1961 году взрывные болты, крепившие люк спускаемого аппарата «Меркурий-Редстоун-4» Вирджила Гаса Гриссома, отлетели раньше времени. «Меркурий» заполнился водой и стал быстро погружаться.

Гриссом в тяжелом скафандре едва не утонул. Год спустя «Меркурий-Атлас-7» Скотта Карпентера приводнился в 400 км от заданного района (см. «Звезды космоса»). Только через три часа спасательный вертолет обнаружил его.

Одноразовые космические аппараты слишком дорогие, но понадобилось некоторое время, чтобы в НАСА начали рассматривать идею многоразовых аппаратов. Этот подход привел к появлению космического шаттла. При его запуске ступени отбрасываются так же, как при запуске обычной ракеты, но орбитальный ракетоплан возвращается на Землю, чтобы снова совершить полет.

Фактически ракетоплан – это планирующий аппарат, который сбрасывает ско-

