

АСЕР



Миссия и космический аппарат

Исследовательский зонд «Альфа Центавра»



Визуализация аппарата над Землёй

Исследование системы Проксимы

АСЕР — автоматический научный аппарат для изучения Проксимы Центавра и её планеты Проксима b. Автономная миссия объединяет межзвёздный перелёт, орбитальные наблюдения и, при подходящих условиях, исследование атмосферы.

МЕЖЗВЁЗДНАЯ СРЕДА

Измерение пыли, частиц и излучения между звёздами.

НАБЛЮДЕНИЕ ПЛАНЕТЫ

Картирование планеты, изучение её поверхности и атмосферы.

ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Измерения в атмосфере при спуске зонда Atmos.

Почему Проксима b?

Измерения вблизи планеты позволят выяснить, как на неё влияет звезда и сохранилась ли у неё атмосфера.

Проксима Центавра

Активный красный карлик



Почти круговая орбита

Эксцентриситет 0,02 · скорость ≈ 47 км/с

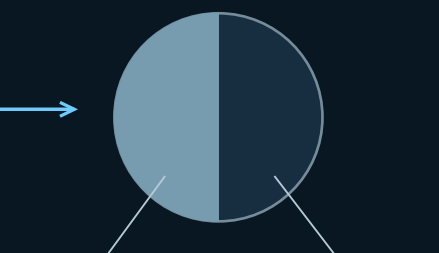
Схема; масштаб не соблюден.

Проксима b

Исходные данные АСЕР

0,0485 а. е.

среднее расстояние до звезды



Дневная
сторона

Ночная сторона

4,25

светового года от Солнца

11,18

земных суток на оборот

7,25

млн км от своей звезды

Год длиной в 11 суток

Проксима Центавра — ближайшая к Солнцу звезда. Проксима b движется по почти круговой орбите на расстоянии около 1/20 дистанции Земля–Солнце. Даже так близко тусклый красный карлик даёт ей лишь около 64% энергии на единицу площади, получаемой Землёй. Из-за вспышек звезды сохранность атмосферы — один из главных научных вопросов.

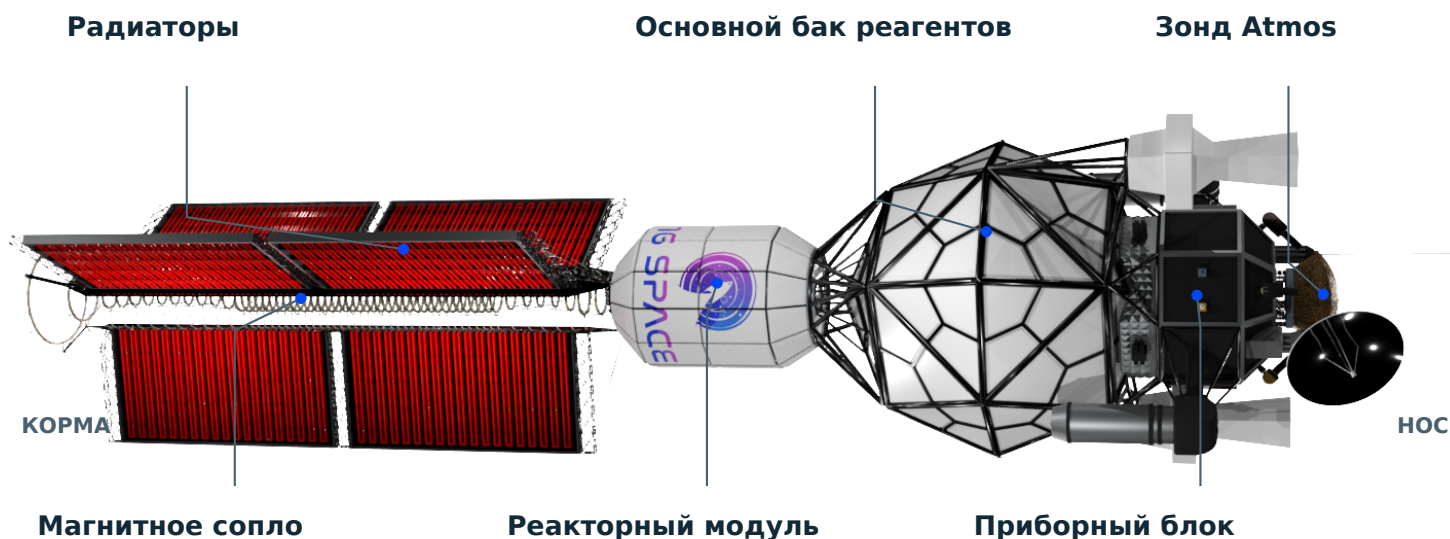
Мир в приливном захвате

В исходных данных АСЕР Проксима b находится в приливном захвате: за один виток она совершает один оборот вокруг оси, обращаясь к звезде одной стороной. Граница постоянных дня и ночи — терминатор. АСЕР изучает перепад температур и то, как атмосфера, если она есть, перераспределяет тепло.

Световой год — единица расстояния; астрономическая единица (а. е.) примерно равна расстоянию Земля–Солнце. Эксцентриситет определяет вытянутость орбиты; ноль соответствует кругу. Минимальная масса 1,06 массы Земли получена по движению звезды; истинная масса зависит от наклона орбиты.

Устройство аппарата

Силовая ферма соединяет двигательную установку, основной бак реагентов и передний приборный блок.



Вид сбоку; внутренние компоненты не показаны.

16,80 м

полная длина

4,60 м

макс. диаметр до развёртывания

1 000 кг

сухая масса, включая Atmos

Энергия и теплообмен

Три термоэлектродгенератора дают суммарно 100 кВт номинальной мощности. Номинальный запас энергии двух батарей по 500 Вт·ч — 1 кВт·ч. Эффективная излучающая площадь радиаторов — 54 м².

Запасы реагентов

Масса с полной заправкой — 78 146 кг: 77 100 кг основной смеси, 32,0 кг антипротонов, 14,0 кг металлического водорода и сухая масса аппарата.

MADS — микроволновая активная противообломочная защита. Стабилизация металлического водорода не раскрыта. Нос и корма — фиксированные части аппарата; при развороте их положение относительно траектории меняется.

Приборы и внешние системы

Впереди размещены вычислительная, навигационная и научная аппаратура. Два рупора MADS защищают при разгоне. Оптические передатчики передают данные на Землю; данные Atmos принимаются по радио.

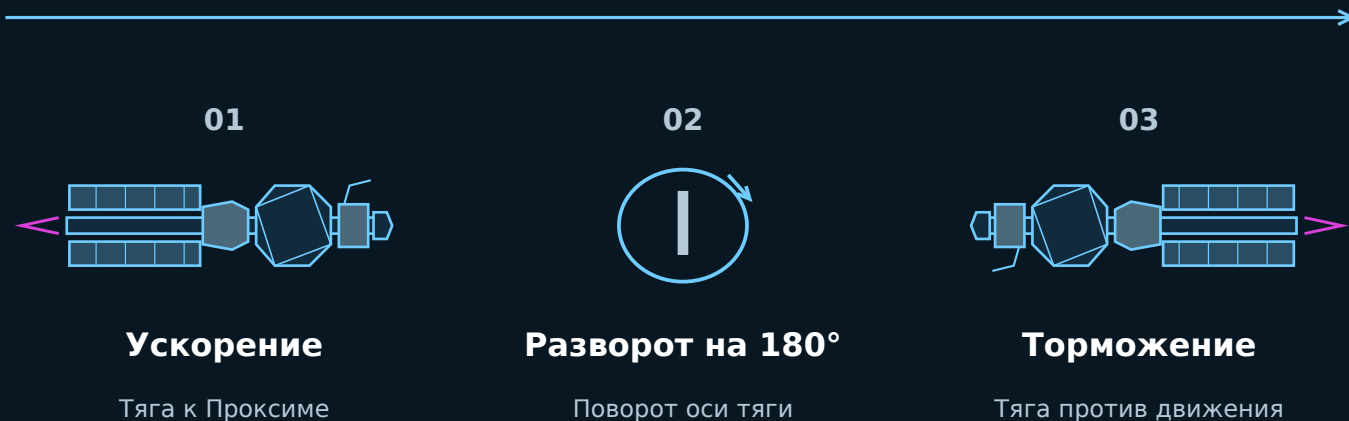
Маневровые двигатели

Три блока имеют по четыре сопла; любые два обеспечивают полный режим при работе общих обеспечивающих систем. Металлический водород создаёт тягу и тепло без окислителя.

Ускорение и торможение

Непрерывная тяга разгоняет АСЕР на первом участке перелёта и тормозит его после разворота в середине пути.

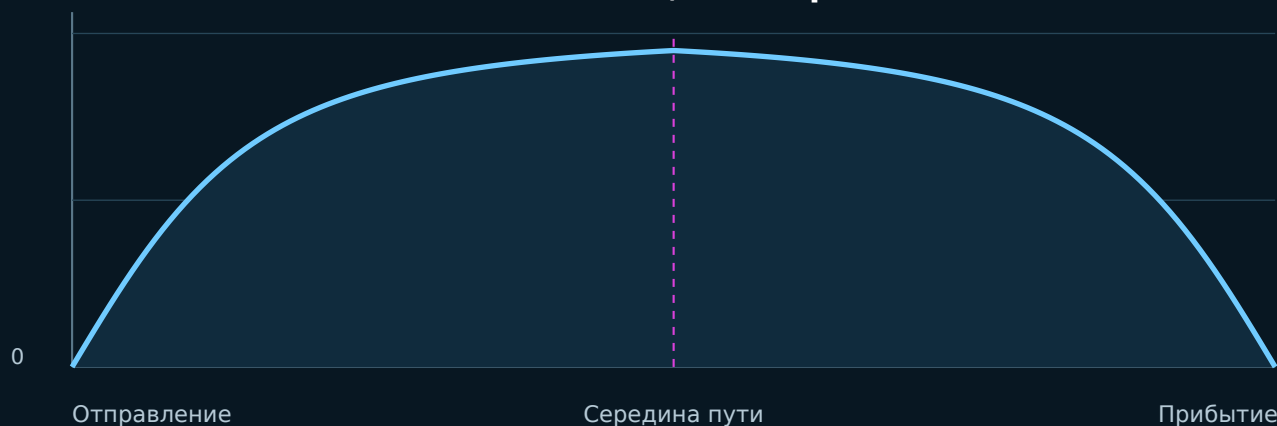
НАПРАВЛЕНИЕ ПОЛЁТА / ПРОКСИМА



Разворот меняет ориентацию, а не направление полёта.

СКОРОСТЬ В ЗЕМНОЙ СИСТЕМЕ ОТСЧЁТА

94,9% скорости света



1 288 суток

проходит на борту АСЕР

5,8 года

проходит в земной системе отсчёта

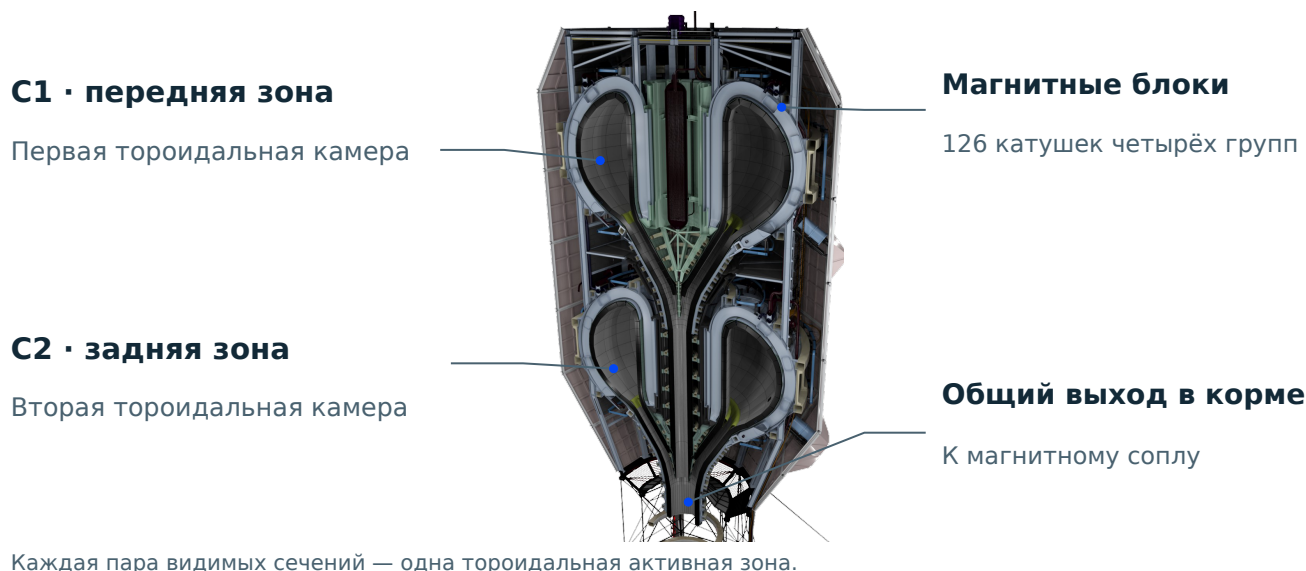
В базовом профиле собственное ускорение равно 1 g: его измеряют на борту; по модулю оно равно стандартному земному ускорению свободного падения. Разворот выполняется на отметке 644 суток бортового времени. Из-за релятивистских эффектов на борту и в земной системе отсчёта проходит разное время; оба хронометра работают нормально.

MADS защищает аппарат при разгоне. Управляемая смена средств защиты требует достаточного прикрытия при развороте; затем MADS остаётся выключенной, а защиту обеспечивает выхлоп по ходу полёта. Детали смены средств защиты и пределы их возможностей не раскрыты.

Горизонтальная ось — время в земной системе отсчёта. Разворот и манёвры у цели не показаны.

Устройство термоядерного реактора

Термоядерный реактор с двумя активными зонами, магнитным удержанием плазмы и антипротонным усилением (DCMCAAFR)



Удержание и управляемый вывод

Две тороидальные камеры расположены вдоль оси аппарата. Сверхпроводящие магнитные блоки удерживают плазму — ионизированный газ — и задают её форму. Выводящие поля направляют оба потока в общий кормовой переход и магнитное сопло. Направленное истечение создаёт тягу в противоположную сторону.

Синтез и антипротонное усиление

В реактор подаются смесь водорода и бора-11 и дозированные порции антипротонов. Подробная цепочка реакций, выход энергии и процессы её преобразования не раскрыты. Эффективные параметры двигателя и запасы реагентов определяют характеристики перелёта. Магнитные поля направляют заряженные частицы плазмы. Фотоны и вторичные частицы требуют защиты и отвода тепла.

Управление и изоляция отказов

У каждой зоны свои системы удержания, подачи, диагностики и защиты. AURAI выбирает режим установки; локальные контроллеры регулируют поля, подачу и плазму. Любая зона работает непрерывно при общей потребности до 187,5 МВт, пока обеспечивающие системы в допуске. Оборудование в безопасном состоянии сохраняет необходимое охлаждение и удержание вещества.

375 МВт

номинальная мощность реактора

100 кВт

общая номинальная мощность ТEG

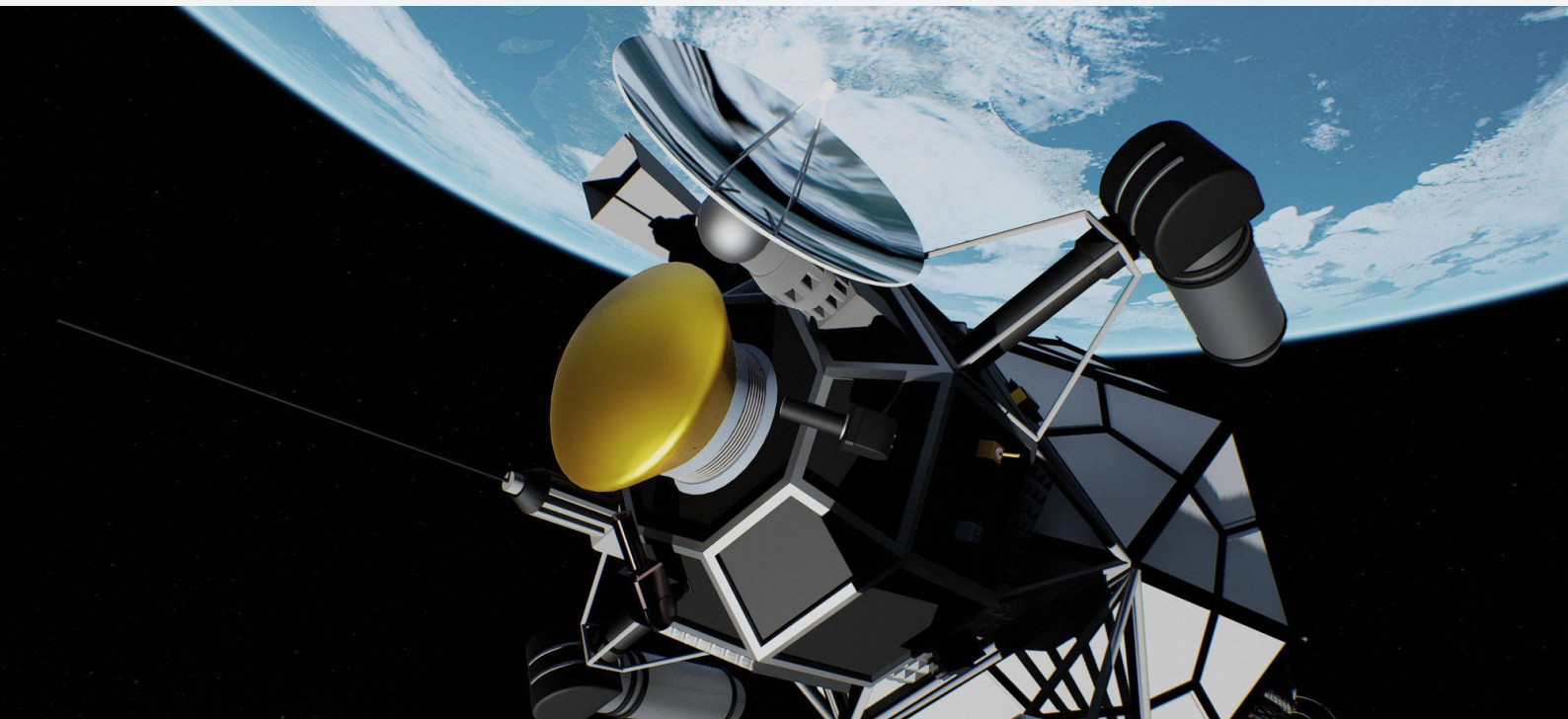
6 МВт

расчётный теплоотвод при 1 300 К

Термоэлектрогенераторы преобразуют отводимое тепло в бортовую электроэнергию; радиаторы излучают остаточное тепло в космос. Мощность установки не равна мощности выхлопа. Подробные энергетические и тепловые бюджеты, преобразование энергии и удержание антипротонов не раскрыты.

От орбиты к атмосфере

Основной аппарат наблюдает обширные области планеты. Atmos дополняет эти данные прямыми измерениями вдоль одной траектории спуска.



ПЕРЕДНИЙ БЛОК

Atmos — золотистая спускаемая капсула в носу.

Визуализация аппарата над Землёй.

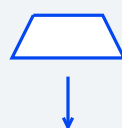


Орбитальные наблюдения

Номинальная высота — 200 км

Почти круговая полярная орбита даёт широкий охват при картировании. Орбитальное движение — непрерывное свободное падение вокруг планеты. Параметры итоговой орбиты определяются измерениями гравитации и геометрии на месте.

Снимки и тепловые карты выявляют детали поверхности и распределение температур. Спектроскопия выявляет вещества по спектру света; лазерная дальнометрия измеряет расстояния.



Спуск Atmos

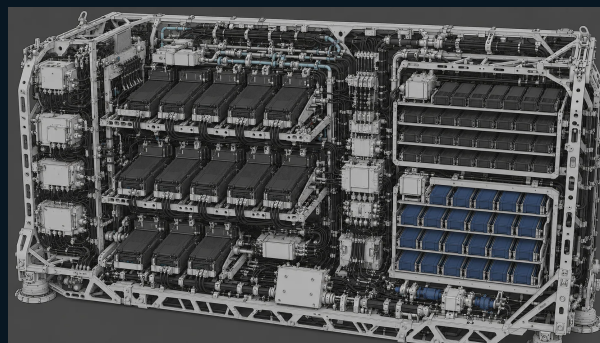
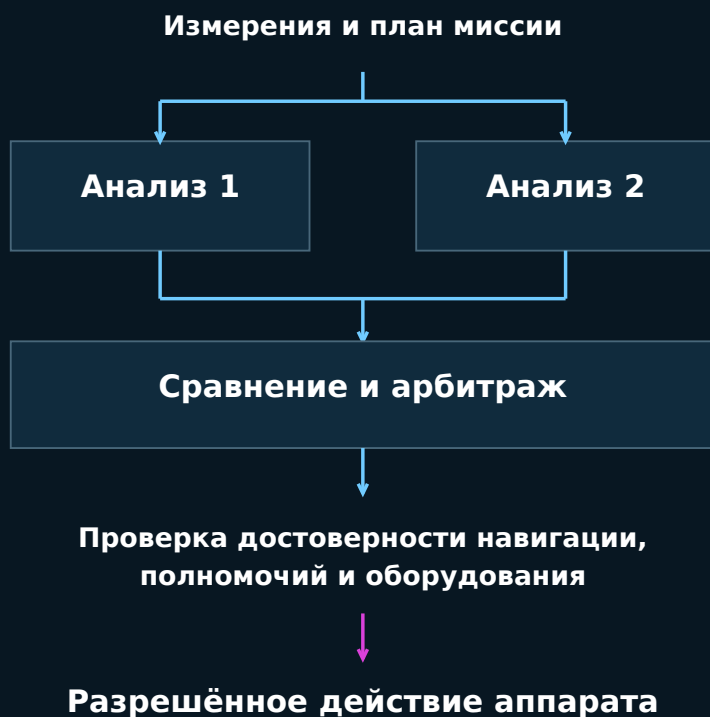
Отделяемый зонд массой 50 кг

Atmos измеряет давление и температуру, исследует газы и частицы. Абляционный экран отводит тепло за счёт уноса материала. Аккумуляторы питают приборы; радиоканал передаёт данные на ACEP.

Отделение требует подходящих условий атмосферы и входа. У Atmos нет парашюта, системы посадки или возвращения; научный результат — данные, принятые и сохранённые на борту ACEP.

AURAI: бортовые решения

Автономный унифицированный резервированный аналитический интеллект объединяет данные миссии, прогнозирует результаты и выявляет развивающиеся отказы.



Вычислительный комплекс AURAI

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

3

CPU

10

GPU

32

SSD-накопителя

20

архивных блоков

Два логических аналитических экземпляра сравнивают оценки. Часть аппаратуры и входных данных у них общая; совпадение не исключает общей ошибки. Расхождение откладывает действие или вызывает заданную безопасную реакцию. При одном исправном экземпляре сохранённые программы выполняются в заранее разрешённых пределах; ключевые решения самостоятельно не пересматриваются.

2 основных + 1 вспомогательный блок • 4 блока питания

1 контроллер SSD • 1 контроллер голографического архива

CPU выполняют общую обработку; GPU — параллельные вычисления. SSD обеспечивают твердотельное хранение, голографические блоки — долговременное архивирование.

Защищённая навигационная подсистема AURAI объединяет инерциальные, оптические и проверенные рентгеновские измерения пульсаров. Система наведения, навигации и управления использует проверенную оценку состояния для управления аппаратом. Пульсары — вращающиеся нейтронные звёзды с регулярными наблюдаемыми импульсами.

От аппарата к Земле

Локальная радиосвязь, бортовое хранение и оптический канал сохраняют и передают научные данные миссии.



Межзвёздный канал работает только на передачу: канала команд и подтверждений с Земли на аппарат нет. Сбор, передача и приём данных имеют разные временные метки. Сам факт излучения не подтверждает доставку.



Зал Центра управления полётом

ACEP Advanced Telemetry

ACEP — космический аппарат. ACEP Advanced Telemetry — интерфейс мониторинга его миссии: он показывает состояние навигации, двигательной установки, электропитания, связи и научных систем с точки зрения аппарата.

Обновление интерфейса не устраняет межзвёздную задержку сигнала.

КАЖДОМУ ЗНАЧЕНИЮ — ЕГО КОНТЕКСТ

Источник и статус / Время события и система отсчёта / Единицы и неопределённость
Различайте измеренные, восстановленные, прогнозные и недоступные значения.