

Космонавтика

- Для чего нужна
- Как развивалась
- Где вход?

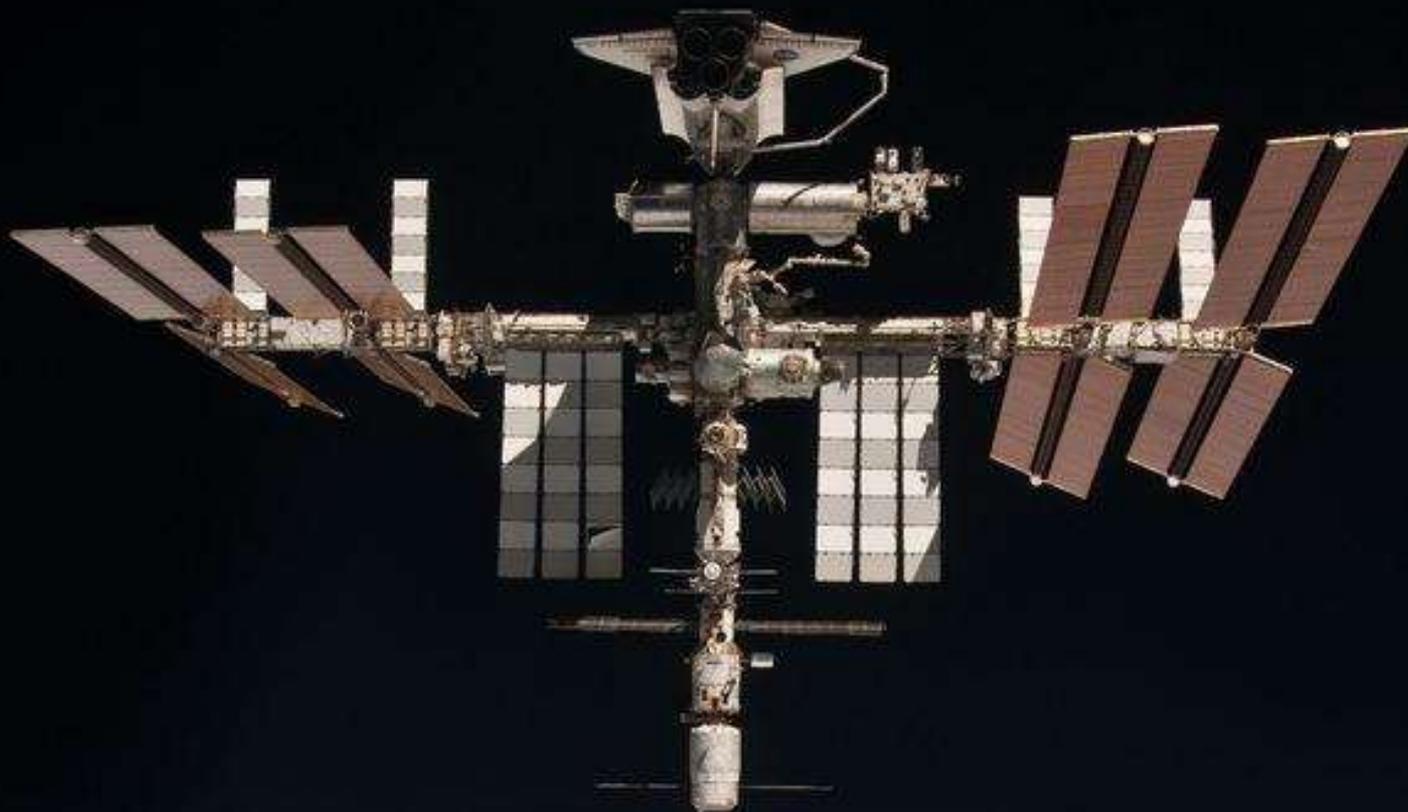
Дмитрий Борисович Пайсон
dprayson@mail.ru

<http://www.payson.ru>



Космонавтика

Лекция 10. Международная космическая станция



20 ЛЕТ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Самый амбициозный и самый дорогостоящий проект за всю историю человечества, восьмое чудо света



● **9-я** орбитальная станция, **2-я** многомодульная орбитальная станция.

● **Проект 14 стран** (США, Россия, Япония, Канада, Бельгия, Германия, Дания, Испания, Италия, Нидерланды, Норвегия, Франция, Швейцария, Швеция).

● **2 сегмента:** российский и американский.

● **15 основных модулей:** РФ («Заря», «Звезда», «Пирс», «Поиск», «Рассвет»), США («Юнити», «Дестини», «Квест», «Гармония», «Купола», «Леонардо», «Транквилити», BEAM), Япония («Кибо»), Европейское космическое агентство («Колумбус»).

● **4 центра управления:** российский сегмент — Центр управления космическими полетами в Королевстве, американский сегмент — Центр управления полетами имени Линдона Джонсона в Хьюстоне, европейский модуль «Колумбус» и японский модуль «Кибо» — Центр управления Европейского космического агентства в Обертаффенхофене (Германия) и Японское агентство аэрокосмических исследований в Цукубе (Япония).

● **1-й модуль МКС «Заря»** доставлен на орбиту ракетой-носителем семейства «Протон» с двигателями и первой ступени РД-253 разработки НПО Энергомаш.

● **4 российских модуля МКС** доставлены ракетами-носителями семейств «Союз» и «Протон» с двигателями РД-107/108 и РД-253 разработки НПО Энергомаш.

● **Более 120 успешных пусков** ракет-носителей семейства «Союз» для отправки на МКС экипажей пилотируемых экспедиций и доставки грузов обеспечили двигатели 1 и 2 ступеней РД-107/108 НПО Энергомаш.

● **Более 600 двигателей** РД-107/108 НПО Энергомаш было использовано для отправки на МКС экипажей пилотируемых экспедиций и доставки грузов.

● **Около 337-430 км** — высота вращения МКС вокруг Земли.

● **Более 417 тонн** — масса МКС. Это самый крупный долговременный искусственный спутник Земли.

● **Более 150 миллиардов долларов** США затрачено на строительство и эксплуатацию МКС — самый дорогой объект, когда-либо построенный человечеством.

● **Около 27 700 км в час** — скорость, с которой МКС движется по своей орбите.

● **Каждые 45 минут** космонавты на борту МКС могут наблюдать рассветы и закаты.

● **Более 230 космонавтов** из 18 стран (Россия, США, Япония, Канада, Италия, Франция, Германия, Бельгия, Швеция, ЮАР, Испания, Нидерланды, Бразилия, Малайзия, Корея, Казахстан, Дания, Великобритания) побывало на МКС.

● **Более 200 выходов** в открытый космос за все время эксплуатации МКС.

● **Свыше 1800** научных и технических экспериментов было проведено на МКС.

● **7 космических туристов** посетили МКС, один турист посетил станцию дважды.

БОЛЕЕ **600**
РД-107/108
БЫЛО ИСПОЛЬЗОВАНО
ДЛЯ ОТПРАВКИ РН К МКС

● **1 космическая свадьба** состоялась на МКС. 10 августа 2003 года российский космонавт Юрий Маленченко, будучи на борту станции, женился на возлюбленной, находившейся на Земле. Жених и невеста, глядя друг на друга через экраны мониторов, сами надели себе обручальные кольца.

● **340 суток 8 часов 42 минуты** — продолжительность непрерывного пребывания на МКС у космонавтов Михаила Корниенко и Скотта Келли.

КАК ВСЕ НАЧИНАЛОСЬ:

2 сентября 1993 года

Россия и США объявили о новом проекте — Международной космической станции.

1 ноября 1993 года

Российское космическое агентство и НАСА подписали «Детальный план работ по Международной космической станции».

В 1996 году

Была утверждена конфигурация станции, состоящая из двух сегментов — российского (модернизированный вариант «Мир-2») и американского (с участием Канады, Японии, Италии, стран — членов Европейского космического агентства и Бразилии).

20 ноября 1998 года

Началось строительство МКС. С космодрома Байконур был осуществлен успешный запуск ракеты-носителя «Протон» с первым модулем — функциональным грузовым блоком «Заря». Модуль «Заря» на начальном этапе обеспечивал управление полетом, электропитание, связь, прием и хранение топлива.

7 декабря 1998 года

С ФГБ «Заря» был состыкован второй элемент орбитальной станции — соединительный модуль «Юнити». В 2000 году в составе станции новое пополнение — служебный модуль «Звезда». «Юнити» — соединительный модуль с шестью стыковочными узлами. В модуле «Звезда» располагаются системы управления полетом, жизнеобеспечения, энергетический и информационный центр, каюты для космонавтов.

В 2007–2008 годах

К МКС были пристыкованы американский модуль «Гармония», европейский модуль «Коламбус», японский модуль «Кибо». «Гармония» соединяет и снабжает электроэнергией научные лаборатории «Коламбус» и «Кибо».

В 2009–2010 годах

С МКС состыкованы исследовательский модуль «Поиск» и жилой модуль «Транквилити».



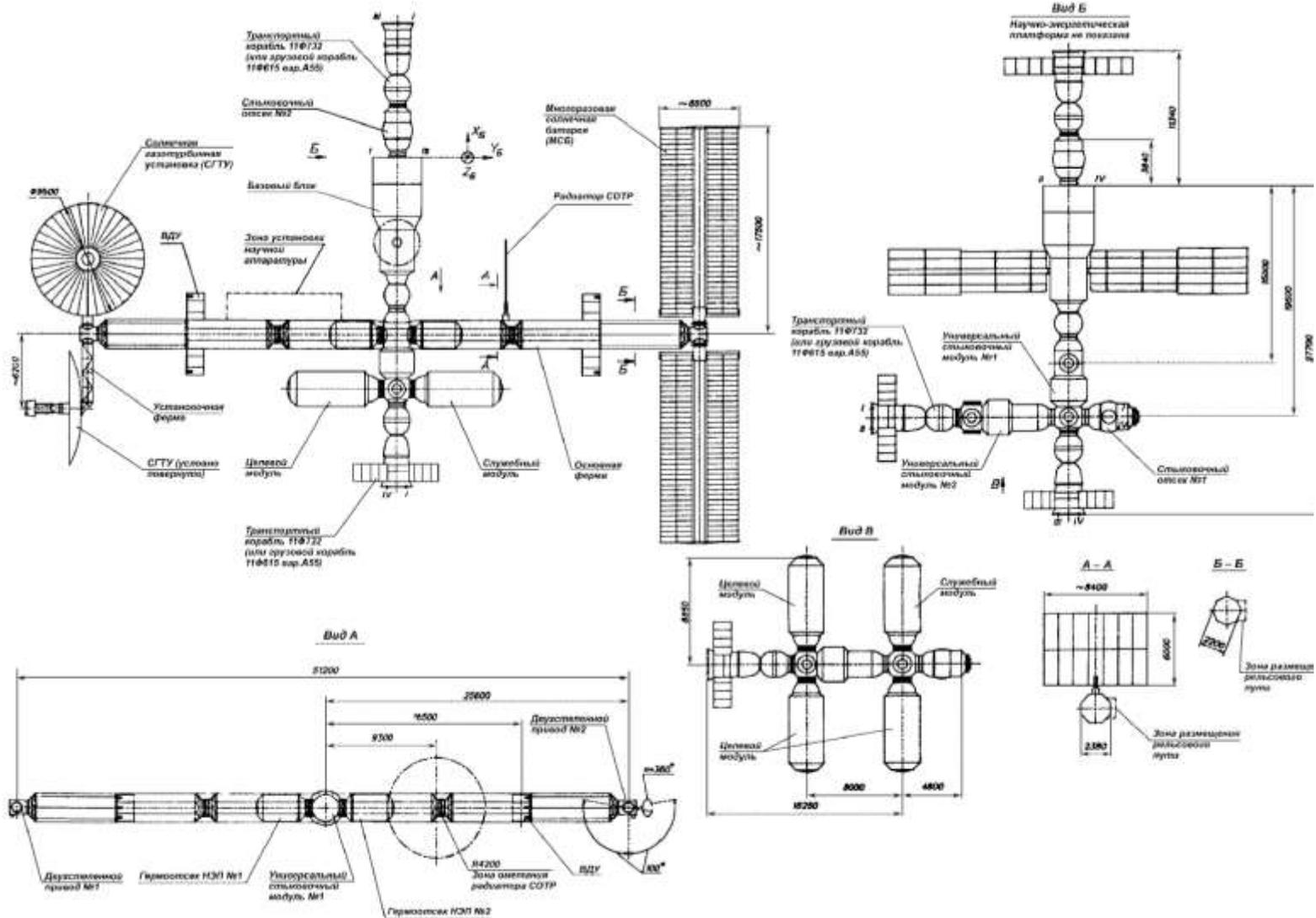
ДЛЯ ЧЕГО НУЖНА:

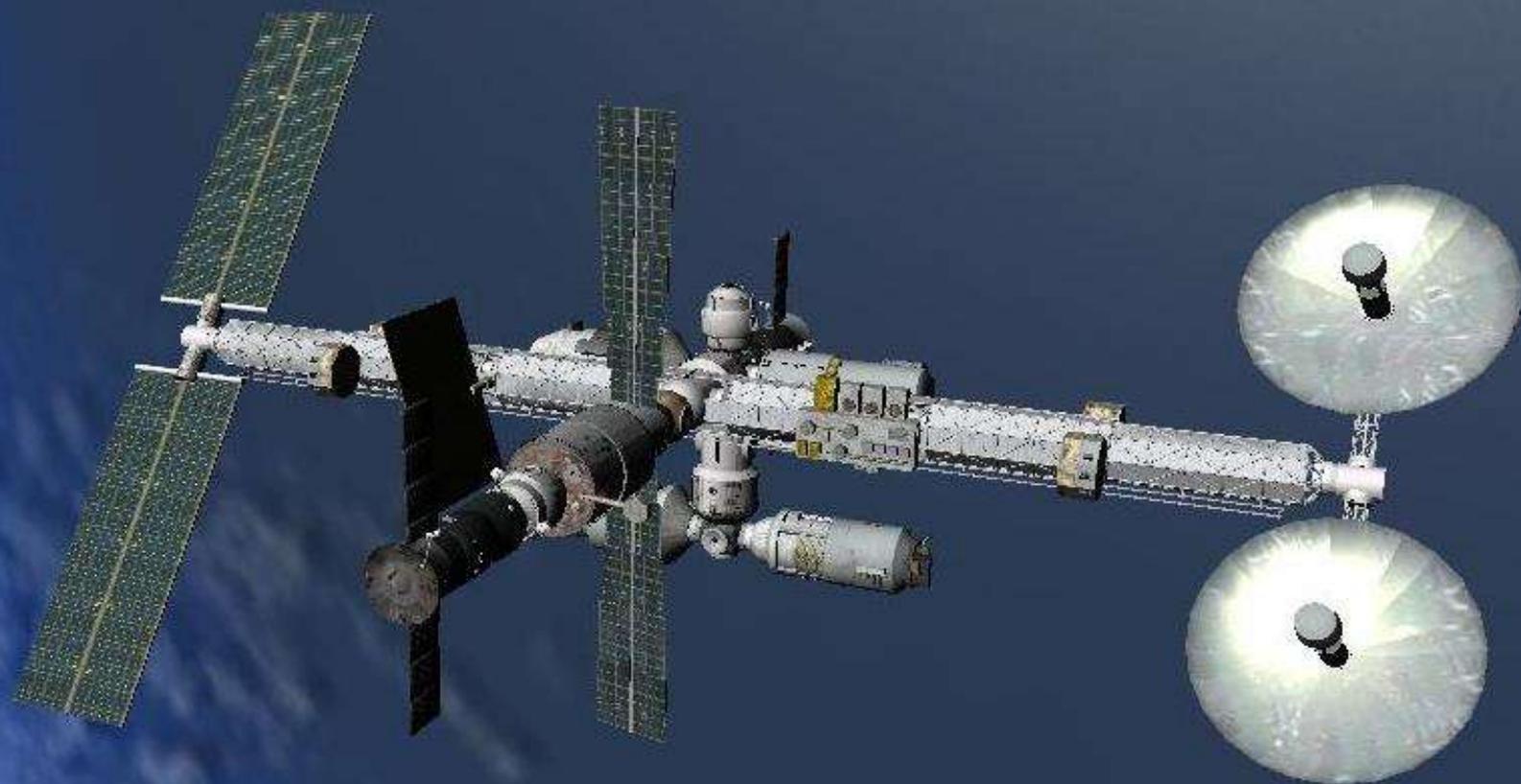
1. Научные эксперименты в уникальных условиях микрогравитации, в вакууме и под воздействием космических излучений:
 - медико-биологические исследования;
 - производство высокотехнологичных материалов и биопрепаратов;
 - изучение поведения организма человека в условиях длительного космического полета;
 - исследование микрогравитации и астрофизики.
2. Изучение атмосферы и поверхности Земли.
3. Отработка технологии строительства в космосе крупных сооружений и осуществления межпланетных перелетов.
4. Изучение воздействия космической радиации на человека на МКС.

ЧТО БУДЕТ ДАЛЬШЕ:

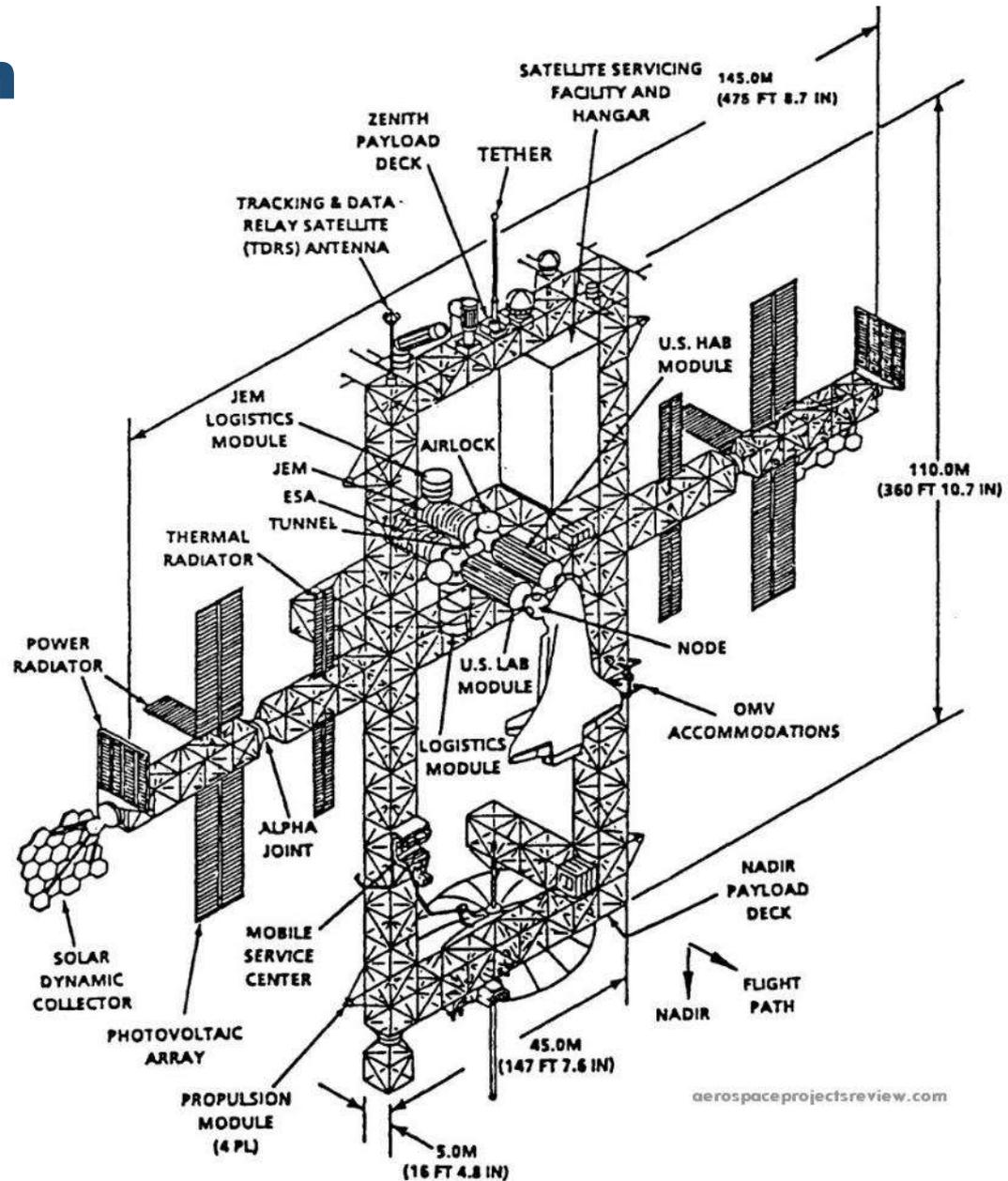
- Эксплуатация МКС предполагается как минимум до 2024 года.
- К этому времени будет закончено строительство российского сегмента МКС — к нему будут пристыкованы многоцелевой лабораторный модуль «Наука» (он станет самым крупным модулем станции), узловой модуль «Причал» и научно-энергетический модуль (НЭМ).
- Сконструированы они так, что в любой момент могут быть отстыкованы от МКС и превращены в отдельную станцию. Добавятся шлюзовой модуль и трансформируемый модуль. Мозгом станции станет НЭМ.
- «Следующий шаг в освоении космоса — межпланетные полеты — будет сделан, основываясь на опыте, полученном на МКС», — утверждает член экипажа первой долгосрочной экспедиции на МКС, исполнительный директор по пилотируемым космическим программам ГК «Роскосмос» Сергей Крикалев.

Мир-2

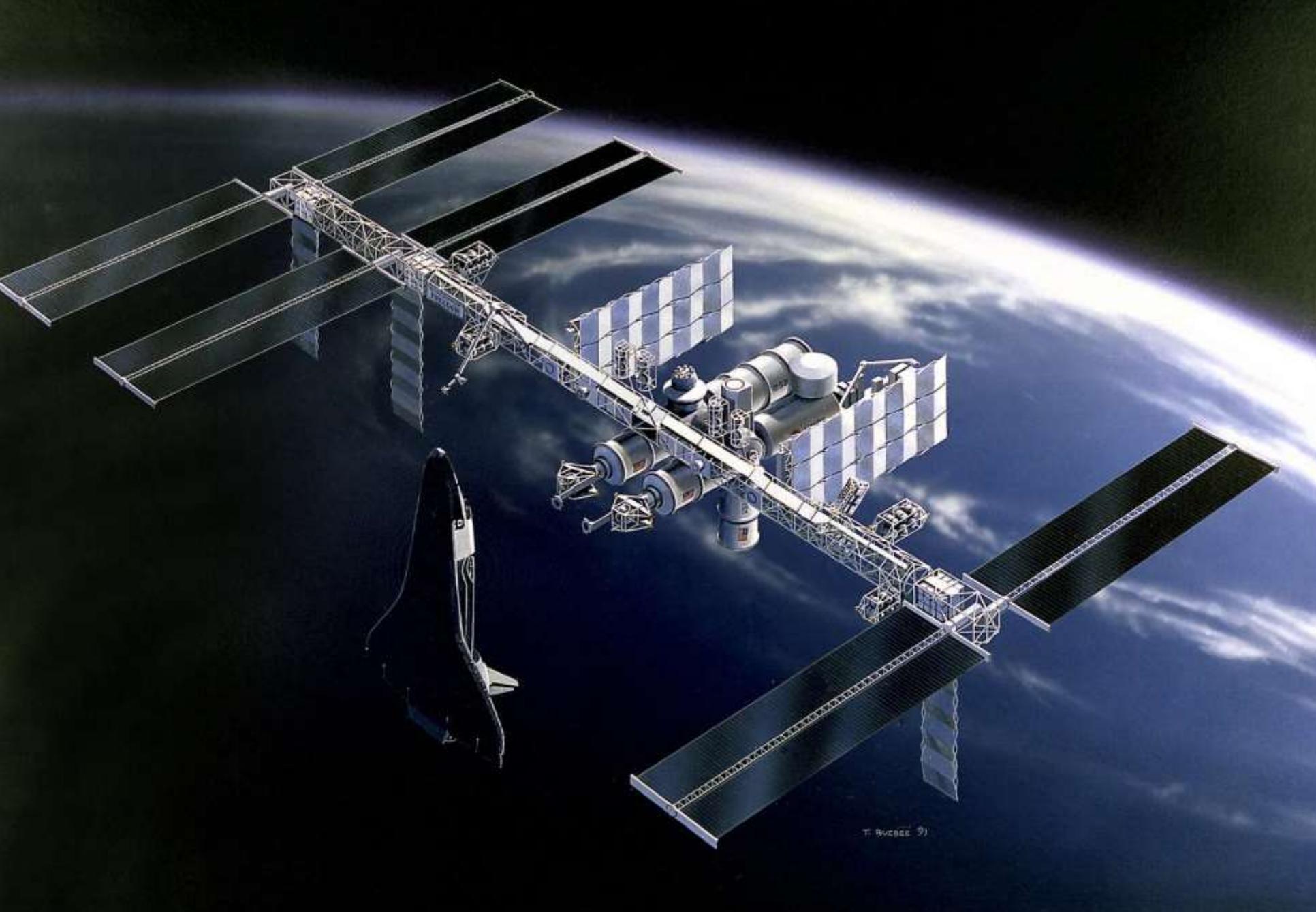




Freedom



aerospaceprojectsreview.com



Хронология

- Июнь 1992 – подписание контракта на исследование возможности использования «Союза» как корабля-спасателя для Freedom
- 17 июня 1992 – подписание Россией и США Соглашения о сотрудничестве в области исследования космического пространства в мирных целях
- Ноябрь 1992 – одобрение общей концепции станции «Мир-2»
- Июнь-август 1993 – уточнение облика и кооперации по станции Freedom
- 15 марта 1993 г. – письмо Ю.Н.Коптева и Ю.П.Семенова директору NASA с предложением о совместном создании Международной космической станции

Письмо

Уважаемый господин Голдин!

Мы с большим удовлетворением вспоминаем плодотворные встречи с Вами, результатом которых явилось углубление сотрудничества между нашими странами в области космоса, в частности, в сфере пилотируемых космических полетов, по которым США и Россия обладают неоспоримым приоритетом.

Нашей страной накоплен значительный опыт создания и эксплуатации пилотируемых многоцелевых орбитальных комплексов ("Салют", "Мир"), в настоящее время разработана и проходит обсуждение концепция создания станции следующего поколения "Мир-2", к развертыванию которой планируется приступить с 1997 года. Нам известны работы и те усилия, которые предпринимаются США и его партнерами по созданию космической станции "Фридом".

Реализация таких трудоемких проектов требует, кроме решения сложных научных, технических и технологических вопросов, также и привлечения значительных финансовых ресурсов, что в условиях возрастания сложности создаваемых орбитальных пилотируемых комплексов и решаемых ими задач, выливается в серьезную проблему, требующую постоянного поиска мер по снижению стоимости разработок. В этом направлении неоспоримые преимущества может дать объединение усилий США и России в реализации проекта создания совместной перспективной орбитальной станции с использованием накопленного научного, технического и конструкторского заделов.

Мы считаем, что есть возможность предложить программу международной космической станции, которая использовала бы ключевые элементы программ космических станций "Мир" и "Фридом" и обеспечила бы программную и экономическую выгоду всем участвующим в ее создании сторонам.

Предлагаемая концепция прилагается и базируется на следующих моментах:

- включает в себя базовый блок станции "Мир-2" как исходный элемент построения;
- на последующих этапах к базовому блоку добавляются орбитальная лаборатория США, лаборатория ЕКА "Колумбус" и японский экспериментальный модуль, что обеспечивает построение действующей международной орбитальной исследовательской базы;
- станция функционирует на орбите с наклоном выше 50 градусов, обеспечивая значительные возможности для наблюдения поверхности Земли;
- может обслуживаться несколькими национальными средствами запусков, включая "Шаттл", "Союз", "Ариан-4", "Ариан-5";
- обеспечивает возможность первоначального постоянного присутствия экипажа из 3 космонавтов в 1997 г. с увеличением численности до 9 человек в 2000 году.

Проведенная предварительная оценка показала, что объединение технических возможностей и ресурсов в рамках предлагаемой международной программы может принести экономии в несколько миллиардов долларов по сравнению с запланированными в настоящее время затратами на реализацию отдельных национальных программ по созданию космических станций.

Мы считаем, что предложенная основа этой концепции имеет огромный потенциал для национальных и интернациональных интересов. Мы готовы представить и обсудить с Вами этот наиболее важный вопрос в ближайшее удобное для Вас время.

С искренним уважением



Ю. Коптев
Генеральный директор
Российского космического агентства



Ю. Семенов
Генеральный директор
и генеральный конструктор
НПО «Энергия»



... Мы считаем, что есть возможность предложить программу международной космической станции, которая использовала бы ключевые элементы программ космических станций «Мир» и «Фридом» и обеспечила бы программную и экономическую выгоду всем участвующим в ее создании сторонам

15 марта 1993 г.

Хронология

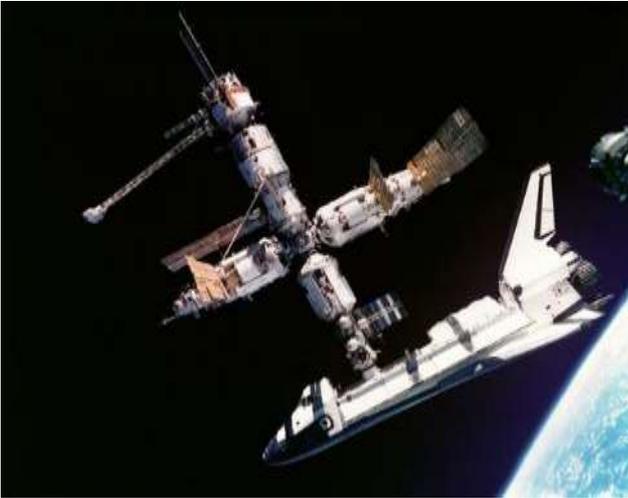
- Август 1993 г. – согласование основных параметров совместной станции
- 2 сентября 1993 г. – Совместное заявление о сотрудничестве в космосе
- 1 ноября 1993 г. – подписание детального плана работ:
 - Запуск Энергетического модуля – май 1997 г.
 - (в итоге – ноябрь 1998)**
 - Завершение сборки – 2002 г.
 - Завершение эксплуатации – 2012 г.
- Сентябрь 1993 г. – утверждение базовой конфигурации
- Июнь 1994 г. – «Мир-Шаттл» и «Мир-NASA»

Мир-Шаттл



- американский астронавт стартует на корабле "Союз ТМ", работает на станции около трех месяцев и возвращается на корабле "Шаттл" (STS-71);
- два российских космонавта стартуют на корабле "Шаттл" (STS-71) для замены летающих на станции "Мир";
- два российских космонавта восемнадцатой экспедиции возвращаются на Землю на корабле "Шаттл" (STS-71).

Мир-NASA

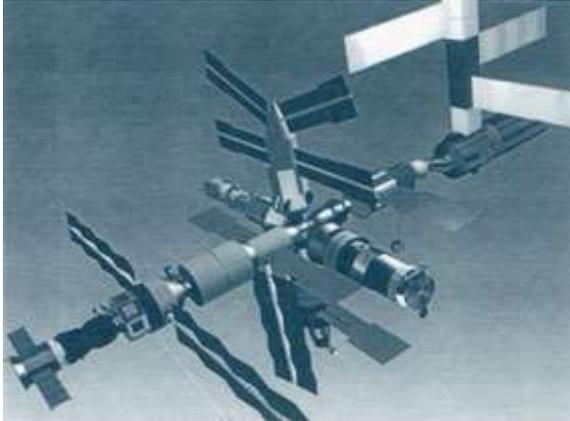


**Контракт -
334,6 млн.
долларов**

- Запуск и стыковка к станции модулей "Спектр" и «Природа» (2 т научной аппаратуры американского производства, дополнительные солнечные батареи для «Спектра» и модуля «Кристалл»);
- В период 1995-1997 гг. планируется семь стыковок корабля «Шаттл» со станцией «Мир» с общим временем пребывания американских астронавтов на станции "Мир" до двух лет;
- Чтобы исключить перевод модуля «Кристалл» с бокового агрегата на осевой перед каждой стыковкой корабля «Шаттл», российская сторона изготавливает специальный стыковочный отсек



Судьба «Мира»



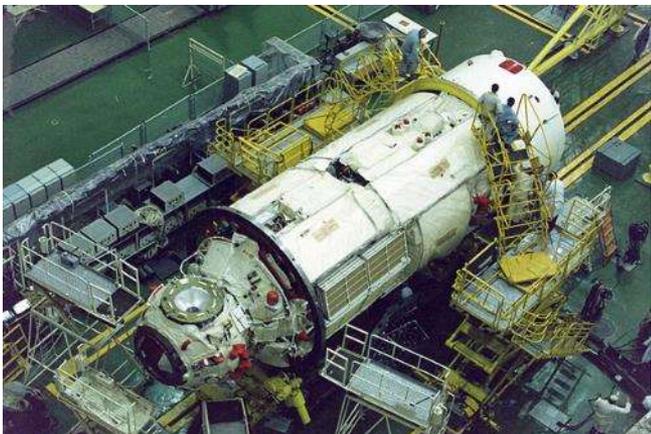
- Декабрь 1999 г. – предложение собирать МКС на базе станции «Мир» (отвергнуто американской стороной)
- 2000 г. – попытки привлечь коммерческое финансирование для продолжения эксплуатации «Мира»
- 23 марта 2001 г. – управляемый сход комплекса «Мир» с орбиты

29 января 1998 г. – Межправительственное соглашение стран-партнеров по МКС



- Подписано правительствами Канады, России, США, Японии и 11 государств – членов Европейского космического агентства
- В составе станции – два интегрированных сегмента, российский и американский
- Координирующая роль – у NASA
- Распределение ресурсов – в соответствии с балансом вкладов

20 ноября 1998 г. – запуск ФГБ («Заря»)



**Контракт -
250 млн.
долларов**

**(+120 млн.
российских
средств)**

- Создан Центром им.М.В.Хруничева на основе технических решений «Мира» и ТКС
- Масса около 20 т
- Обеспечивает энергоснабжения станции, управление ориентацией и поддержания температурного режима на первом этапе ее работы
- Технически входит в состав российского сегмента МКС, однако изготовлен за средства NASA и с правовой точки зрения является американским модулем



Первый экипаж на станции

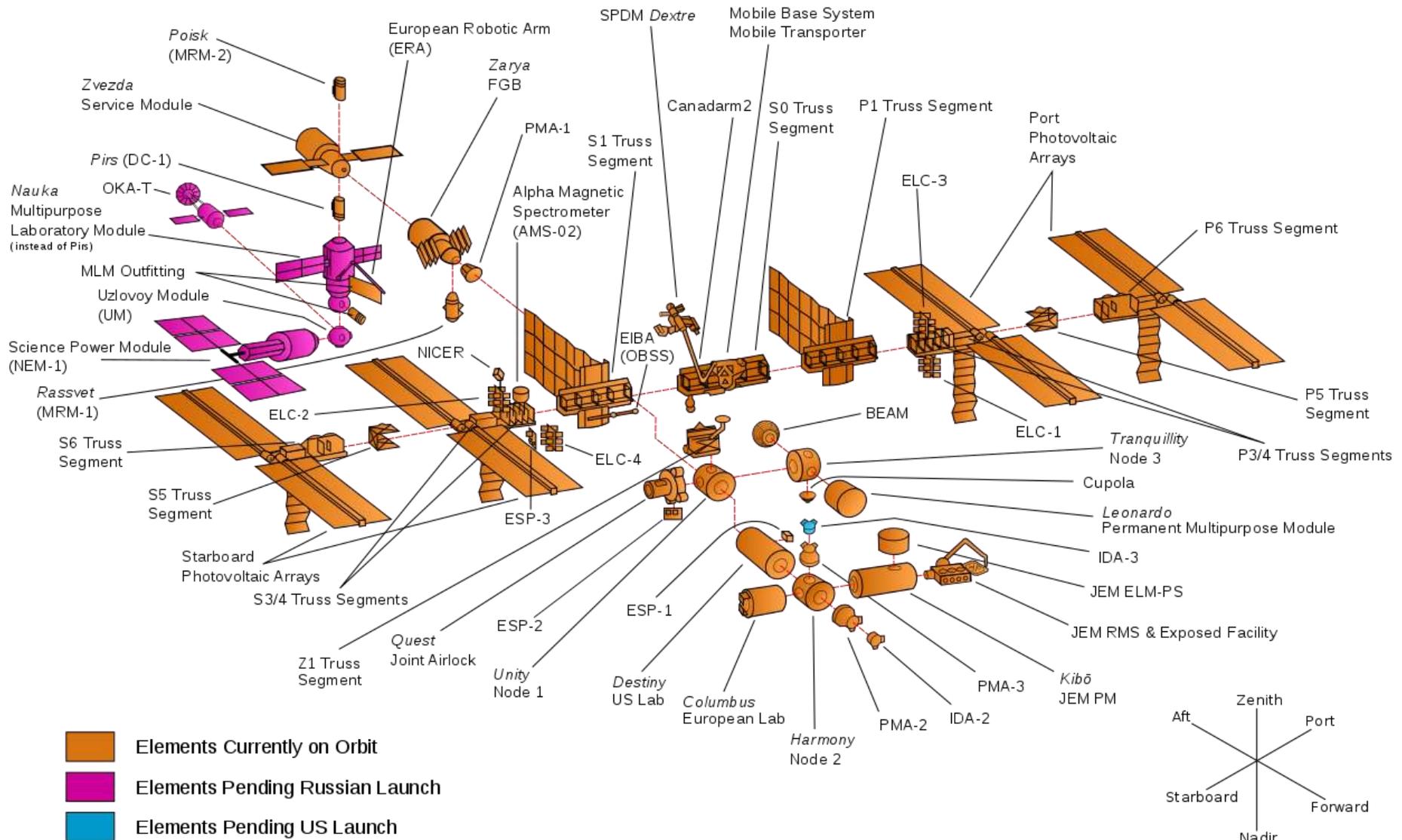


Билл Шепард
Юрий Гидзенко
Сергей Крикалев

31.10.2000 –
21.03.2001

Орбитальные хроники

Устройство МКС



МКС в цифрах



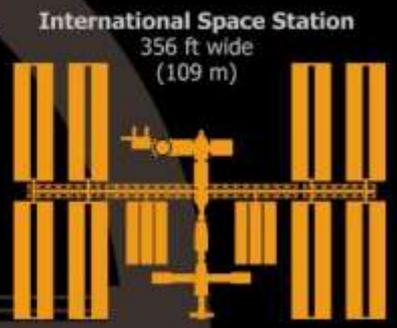
- Длина по герметичным отсекам – 73 м
- Длина по фермам – 109 м
- Размах солнечных батарей – 73 м
- Масса – 420 тонн
- Экипаж – 3 – 6 человек (до 13 при пересмене)
- Жилой объем – 388 куб.м без пристыкованных кораблей
- Герметичный объем – 916 куб.м (плюс 16 куб. м – экспериментальный надувной модуль BEAM)
- Мощность системы электропитания – до 90 кВт
- Количество строк компьютерного кода – около 2,3 млн

How Big is the International Space Station?

ISS is the largest man-made object in space. Here's how it compares to other notable objects both real and fictional, all drawn to scale.

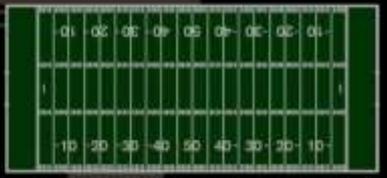


Boeing 747
232 ft long
(71 m)

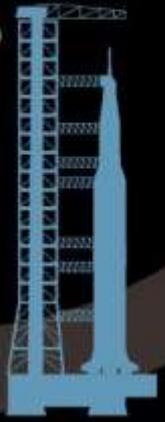


International Space Station
356 ft wide
(109 m)

Football Field
360 ft long
(110 m)



Space Station V
(2001 a space odyssey)
1000 ft wide
(305 m)



Statue of Liberty
305 ft tall
(93 m)

Saturn V Rocket with Launcher
400 ft tall
(122 m)

Space Shuttle
181 ft tall
(55 m)

Starship Enterprise
417 ft wide
(127 m)

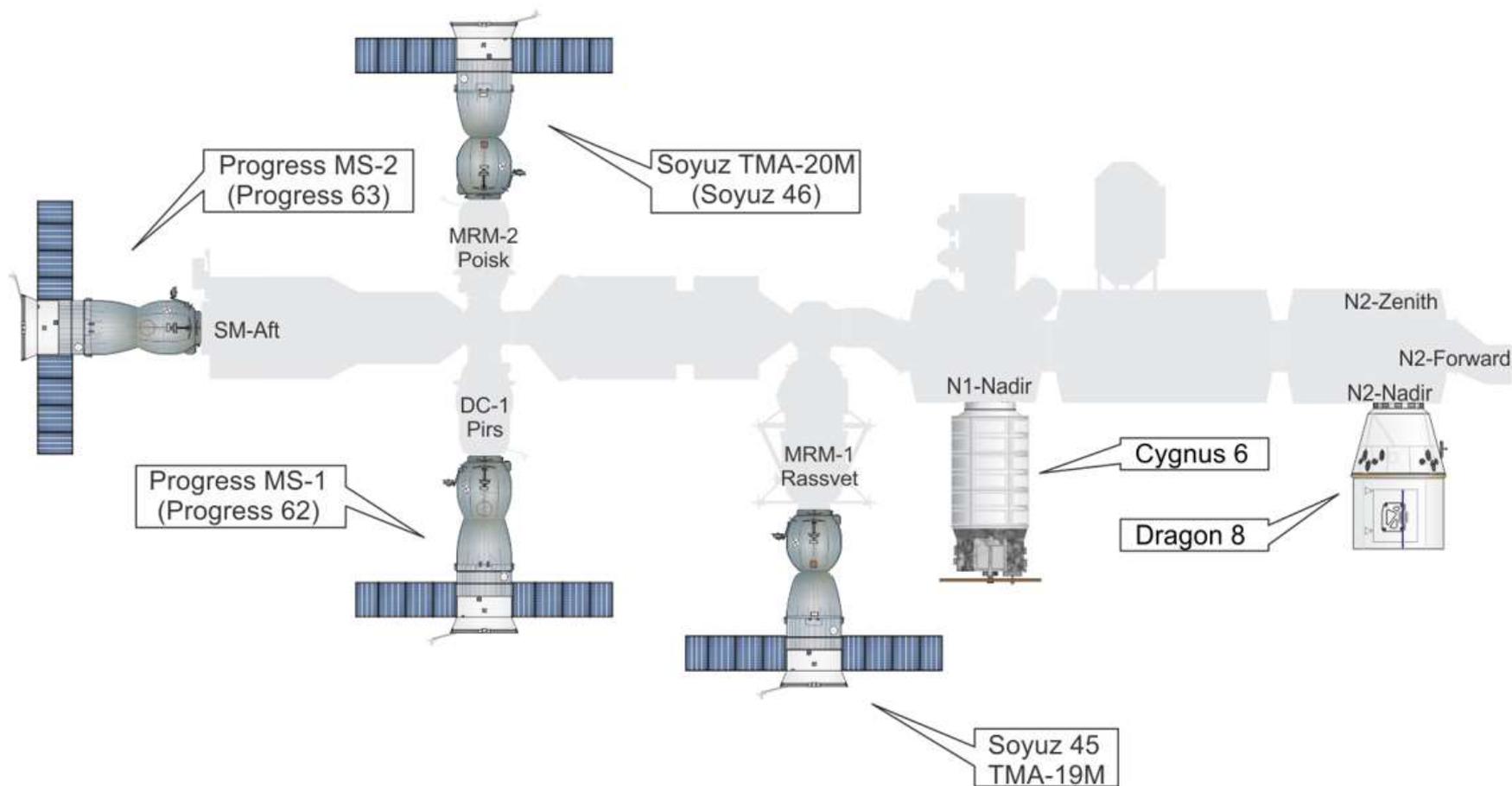
Deepwater Horizon oil rig
320 ft tall
(98 m)



RMS Titanic
882 ft long
(269 m)



Логистика (6 кораблей 10 апреля 2016 г.)



Экскурсии по станции: Сунита Уильямс



Экскурсии по станции: Михаил Корниенко



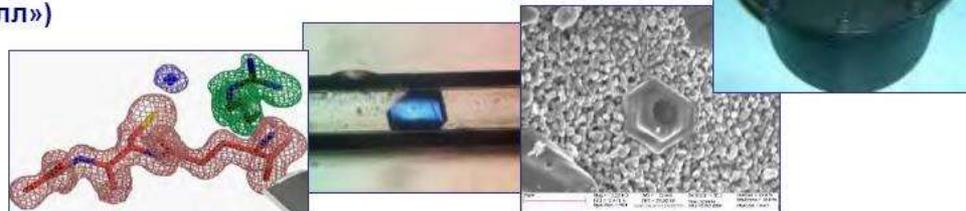
Наука на МКС: Космические технологии

- ❑ Разработана и реализована методика оценки тензора инерции орбитального комплекса по телеметрической информации, что позволило значительно сократить затраты топлива на поддержание ориентации МКС. В результате периодической корректировки вектора девиации **точность контроля ориентации с помощью магнитометров повышена до $1,5-2^\circ$** (Эксперименты «Тензор», «Среда-МКС» и др.)
- ❑ Определены динамические характеристики для различных конфигураций станции и **получены данные по уровню и характеру распространения динамических возмущений** от типовых источников внешних воздействий в различных режимах (Эксперименты «Идентификация», «Изгиб» и др.)
- ❑ Разработано и испытано ПМО, обеспечивающее **управление через Интернет роботом-манипулятором** с автоматизированных рабочих мест, расположенных на Земле (Эксперимент «Контур»)
- ❑ Проводится **отработка методики и приборов для выявления признаков истечения воздуха из модулей МКС** с использованием разнообразных инструментальных средств (Эксперименты «Отклик», «Пробой»)
- ❑ Проведена отработка основных технологических и конструктивных решений межспутниковой лазерной системы передачи информации; исследование возможности и условий работоспособности лазерных линий связи «борт РС МКС – наземный пункт» при различном состоянии атмосферы (Эксперимент «СЛС»)



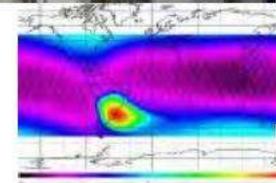
Наука на МКС: Физика и материалы

- ❑ **Разработана технология высокотемпературного синтеза** в целях создания новых высокопористых тугоплавких теплоизолирующих материалов для использования в космической технике (в том числе для строительства планетных баз) (Эксперимент «СВС»)
- ❑ В условиях микрогравитации закристаллизованы 19 белков (в комплексах). Получены дифракционные наборы для 17 белков и их комплексов. **Проведен рентгеноструктурный анализ кристаллов белков, полученных в условиях микрогравитации**, а также в параллельных земных условиях. Получены и уточнены пространственные структуры для ряда белков (Эксперимент «Кристаллизатор»)
- ❑ Проведен цикл исследований физических свойств плазменных кристаллов и жидкостей (структура, волны, вихри, фазовые переходы). **Получены новые фундаментальные знания по физике пылевой плазмы** для возможности их применения в области нанотехнологий (очистка, осаждение, сепарация), производства новых материалов и покрытий, термоядерного синтеза (удаление пылевых частиц из зоны реакции), разработки перспективных лазеров (рабочее тело из аэрозоля радиоактивных частиц) и др. (Эксперимент «Плазменный кристалл»)



Наука на МКС: Исследования Земли и космоса

- ❑ Уточнены данные о глобальном содержании в атмосфере O₃, O₂, H₂O и их высотном распределении. **Накоплена информация по эмиссиям верхней атмосферы Земли в УФ-диапазоне спектра** (как в интегральном, так и в узкополосном спектре) с целью систематического изучения распределения атомарного кислорода на высотах от 70 до 150 км с учетом влияния геофизических факторов космического пространства. (Эксперименты «Русалка», «Релаксация» и др.)
- ❑ **Проведен корреляционный анализ** пространственных и временных характеристик зарегистрированных всплесков частиц и данных **по сейсмическим событиям**, который показал, что ~15% всплесков частиц могут иметь сейсмическую природу (Эксперимент «Всплеск» и др.)
- ❑ **Получены новые знания о природе электрических разрядов в верхней атмосфере Земли**, важные для разработки кинетической теории пробоя на убегающих электронах. Исследованы атмосферерики – электрические сигналы, создаваемые радиоволнами, излучаемыми разрядами молний (Эксперименты «Обстановка», «Микроспутник» и др.)
- ❑ **Построены карты нейтронного излучения на орбите МКС** с пространственным разрешением 5 x 5 градусов по долготе и широте в географических координатах (Эксперимент «БТН-Нейтрон»)
- ❑ Отработаны различные методы дистанционного зондирования Земли (Эксперименты «Ураган», «СВЧ-радиометрия», «Напор-мини РСА и др.)



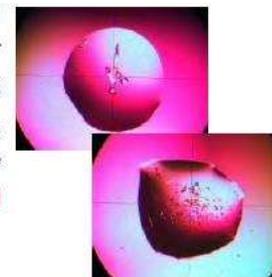
Наука на МКС: Космическая биология и медицина

- ❑ **Получены новые знания о функционировании кардио-респираторной системы человека в космосе для выявления донозологических и преморбидных состояний** (Эксперименты «Кардио-ОДНТ», «Пuls», «Дыхание», «Кардиовектор», и др.)
- ❑ **Впервые в условиях невесомости проведены импедансометрические исследования** и подтверждена возможность автоматического измерения основных жидкостных объемов организма космонавта в реальном масштабе времени (Эксперименты «Спрут-МБИ», «МОРЗЭ» и др.)
- ❑ **Проведено изучение распределения потоков ионизирующих частиц и дозы радиации в зависимости от глубины проникновения частиц в тело человека в условиях космического полета** (Эксперимент «Матрешка-Р»)
- ❑ **Накоплены экспериментальные данные для уточнения механизмов сенсомоторной координации в невесомости и поддержания опорно-двигательного аппарата космонавта** (Эксперименты «Мотокард», «Виртуал»)
- ❑ **Выполнены оценки по надежности профессиональной деятельности космонавта** и анализ межличностного взаимодействия экипажа в условиях длительного космического полета (Эксперименты «Пилот», «Взаимодействие»)
- ❑ **Проведены иммуно-микробиологические исследования**, позволившие впервые оценить количественный состав микрофлоры человека и определить методику и оснастку для контроля микробиологического и инфекционного статуса космонавтов (Эксперименты «Имуно», «Хроматомасс-спектр М» и др.)
- ❑ **Выполнены метаболические и гематологические исследования с целью изучения влияния условий и факторов космического полета на различные системы организма человека вплоть до клеточного уровня** (Эксперименты «СПЛАНХ», «Биосигнал» и др.)



Наука на МКС: Биология и биотехнологии

- ❑ **Сделано научное открытие** – эволюционно разнесенные криптобиотические и покоящиеся стадии живых существ (бактерии, грибы, животные и растения) могут избежать губительного воздействия открытого космоса даже после экспонирования в этих условиях в течение 2 лет и 7 месяцев (Эксперимент «Биориск»). В образцах пыли, собранных на внешней поверхности РС МКС, обнаружены жизнеспособные микроорганизмы земного (тропосферного) происхождения – **открыта и установлена новая граница биосферы Земли** (Эксперимент «Тест»)
- ❑ Доказано, что **растения могут** длительное время, сопоставимое с длительностью марсианской экспедиции, **выращиваться в условиях космического полета** без потери репродуктивных функций и формировать жизнеспособные семена (Эксперимент «Растения»)
- ❑ Выделены в космосе и **изучены новые высокоактивные штаммы** микоризных грибов-продуцентов препарата гормона роста, бактерий-продуцентов препарата для биodeградации нефти и нефтепродуктов и продуцентов средств защиты растений (КЭ «Биоэкология»)
- ❑ Проведено **выращивание высококачественных кристаллов ряда белков для конструирования** нового поколения антимикробных лекарственных препаратов и **компонентов вакцин**, в т.ч. против иерсениозов и СПИДа (Эксперименты «Вакцина-К», «Структура», «БИФ» и др.)
- ❑ **Обнаружены микроорганизмы** из трех групп: мицелиальные (плесневые) и дрожжевые грибы и бактерии, которые служат источником **биodeградации и биоповреждения в условиях космоса**; изучена кинетика их роста на раннем этапе (Эксперимент «Биodeградация» и др.)
- ❑ **Получены бактериофаги** с измененными биологическими и физико-химическими характеристиками будут использоваться в лечебных и диагностических целях, а также для генетических исследований (Эксперимент «Бактериофаг» и др.)



Наука на МКС: Образование

- ❑ Проведена научно-образовательная демонстрация действия в космосе физических законов и получения в условиях микрогравитации конструкционных элементов заданной формы на основе полимерных композиционных материалов, в том числе с эффектом памяти формы (Эксперименты «Физика-Образование», «Химия-Образование», «МАТИ-75»)
- ❑ Отработана технология создания на базе выработавших свой ресурс скафандров «Орлан-М» (а также других несущих конструкций) малых космических аппаратов типа «РадиоСкаф» различного целевого применения, включая образовательные эксперименты (Эксперимент «Радискаф»)
- ❑ Проведено изучение в условиях микрогравитации свойств дисперсных сред – пылевых кулоновских кристаллов и кулоновских жидкостей, образованных заряженными макрочастицами, в магнитной ловушке антипробкотронного вида (Эксперимент «Кулоновский кристалл»)
- ❑ Отработана технология передачи снимков на Землю, полученных с применением цифрового оборудования, с использованием радиолюбительской связи. Отработана процедура планирования и координации экспериментов по получению изображений Земли из космоса по общедоступным каналам связи в интересах образовательных и коммерческих проектов. (Эксперимент «МАИ-75»)

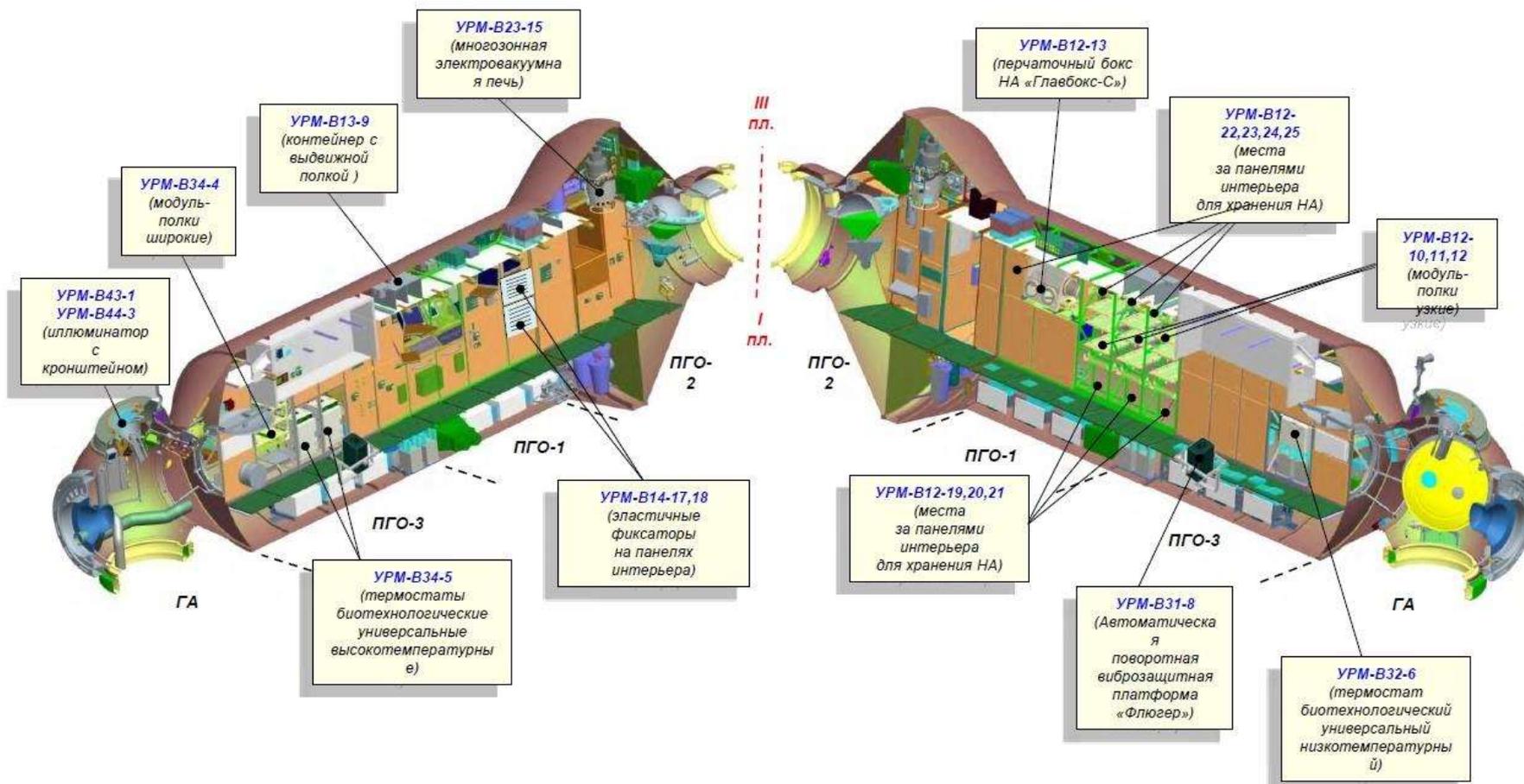


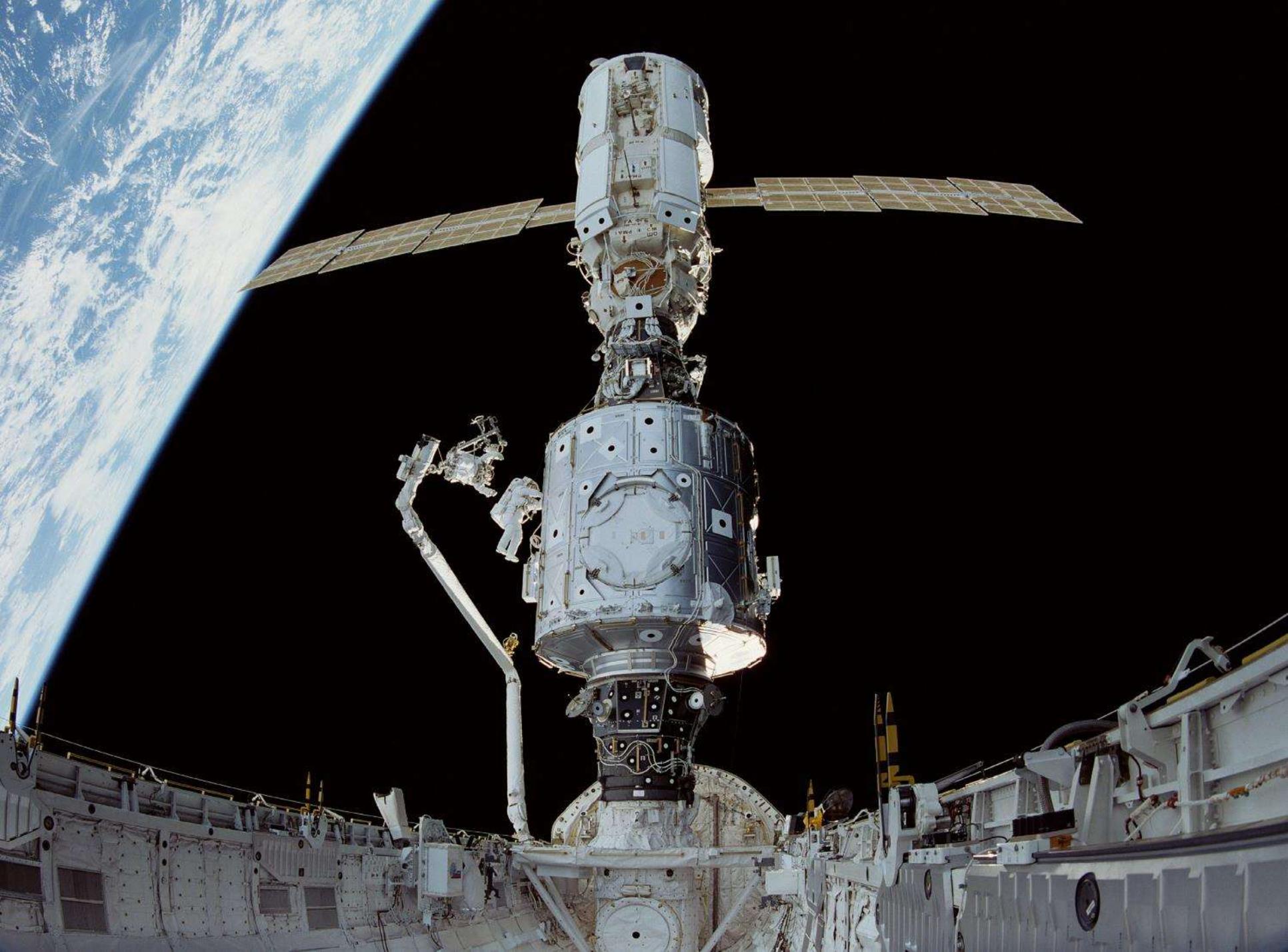
Многоцелевой лабораторный модуль

Количество универсальных рабочих мест внутренних (УРМ-В) – 21
(включая 7 рабочих мест для хранения НА)

Левый борт (пл. IV)

Правый борт (пл. II)

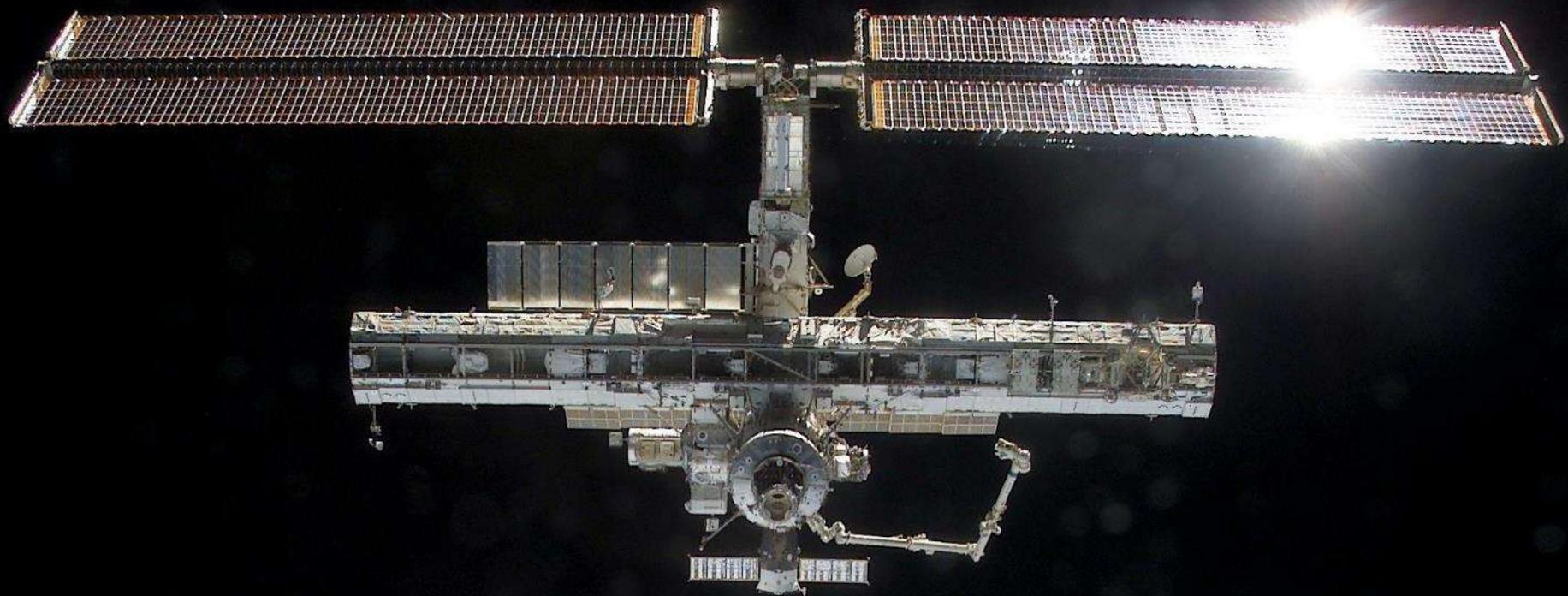




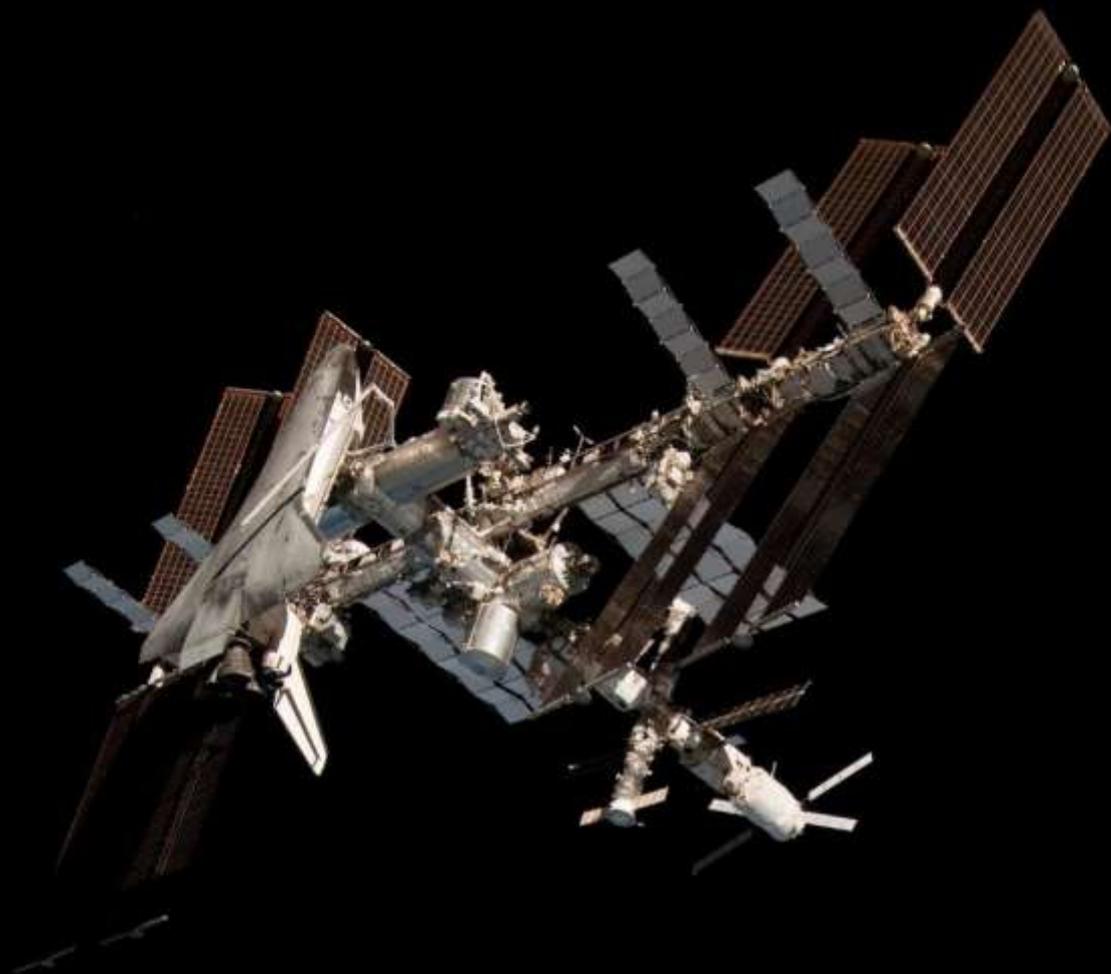












Итоги

- Международная космическая станция – самый крупный инженерный проект человечества
- При создании МКС отработаны уникальные механизмы сотрудничества в космосе (включая «баланс вкладов»)
- МКС планируется эксплуатировать до 2024 г., возможно – позже
- После отказа от системы «Спейс Шаттл» в рамках программы МКС отрабатываются новые модели взаимодействия с частным сектором
- Сохраняется возможность использования новых российских модулей МКС в составе национальной орбитальной станции после завершения международной программы