

Двигатели комплекса "Мир"



Борис Соколов,

заместитель генерального конструктора
РКК "Энергия" им. С.П. Королева, д.т.н.

Александр Борисенко,

заместитель начальника отделения
РКК "Энергия" им. С.П. Королева

Феликс Лебедев,

заместитель начальника отдела
РКК "Энергия" им. С.П. Королева

Более 13 лет функционирует в космосе орбитальный комплекс (ОК) "Мир" — сложнейший многомодульный космический объект. Столь длительное существование ОК на орбите обеспечено его уникальными двигательными установками и не менее уникальной возможностью дозаправки их в космосе.

Двигательные установки, являясь исполнительными органами системы управления движением ОК "Мир", обеспечивают требуемые параметры орбиты, ориентацию в пространстве, программные развороты при стыковках и расстыковках с другими космическими аппаратами. Переход от первой моноблочной (с ограниченным сроком службы) станции к постоянно работающему многомодульному комплексу потребовал решения многих технических задач. Требовалось, прежде всего:

— увеличить ресурс работы двигателей, электроарматуры и других агрегатов как по времени работы, так и по числу включений;



— обеспечить коррозионную стойкость топливных систем двигательной установки при многолетнем функционировании и разработать эффективные меры борьбы с накоплением в топливных системах продуктов коррозии;

— реализовать систему многократной дозаправки топливом;

— создать конструкционные материалы, обеспечивающие высокую надежность и работоспособность двигателей;

— увеличить живучесть и безопасность эксплуатации двигательных установок.

ОК "Мир" оснащен объединенной двигательной установкой (ОДУ), все двигатели которой подсоединены к единой топливной си-

стеме, при этом двигатели разного предназначения и тяги питаются из общих баков. Такая схема имеет достаточную гибкость при оптимальных массовых характеристиках. ОДУ размещается в негерметичном агрегатном отсеке, примыкающем к задней стенке герметичного рабочего отсека базового блока.

В состав ОДУ входят два (для взаимного дублирования) корректирующих двигателя (тягой 300 кгс, разработчик — КБХМ им. А.М. Исаева) и 32 двигателя ориентации (тягой 13 кгс, разработчик — НИИМАШ, г. Нижняя Салда). Последние обеспечивают управление комплексом по трем координатным осям с высокой степенью резервирования. Оба типа двигателей работают при одинаковом номинальном соотношении массовых расходов компонентов топлива, что упрощает прогноз расходования топлива.

В ОДУ топливо из баков вытесняется газом наддува, хранящимся в шар-баллонах. Разделение компонентов топлива и газа в баках осуществляется при помощи металлического сиффона с диафрагмой сферической формы. Конструкция и материал сиффона рассчитаны на многократную дозаправку топливной системы, осуществляемую транспортным грузовым кораблем (танкером) типа "Прогресс". При выполнении такой операции топливо под давлением подается в жидкостную полость баков, а газ наддува откачивается компрессором обратно в баллоны для повторного использования при работе двигателей. Созданный при этом перепад давления между баками танкера и ОДУ обеспечивает перекачку топлива.

Кроме сиффонов и компрессоров многократную дозаправку обеспечивают гидроразъемы стыковочных агрегатов, через которые компоненты топлива (окислитель и горючее) перекачиваются из баков танкера в баки ОДУ.

При разработке агрегатов ОДУ комплекса "Мир" был учтен опыт эксплуатации подобных устройств в составе станций "Салют-5" и "Салют-6". Так, баки ОДУ снабжены автоматами безопасности при дозаправке — сигнализаторами положения сиффона, по сигналу которых прекращается дозаправка. Вся арматура (пневмоклапаны, редуктор, предохранительный клапан) выполнена из материалов, стойких к парам компонентов топлива.

Дозаправка представляет собой довольно сложный процесс и состоит из нескольких последовательно осуществляемых этапов:

- проверки герметичности гидроразъемов стыковочных агрегатов;
- создания перепада давления между баками танкера и баками ОДУ;
- раздельной перекачки компонентов топлива;
- освобождения дозаправочных магистралей от топлива перед расстыковкой (продувка).

Управление дозаправкой может быть осуществлено операторами из ЦУПа или космонавтами на борту комплекса.

Опыт эксплуатации орбитальных станций показал, что процессы дозаправки топливом на орбите должны быть максимально автоматизированы с целью освобождения космонавтов для проведения научно-исследовательских или технологических работ. Впервые это было осуществлено на комплексе "Мир". Алгоритмы управления дозаправкой заложены в бортовую вычислительную машину. И только в нештатных ситуациях к этой работе приходится привлекать космонавтов.



Фото из архива РКК "Энергия"

Корректирующий двигатель КРД-79 орбитального комплекса "Мир"

ОДУ построена по принципу дублирования всех основных агрегатов, включая топливные баки, баллоны высокого давления, компрессоры, электропневмоарматуру, двигатели. Таким образом, даже при полном отказе любого агрегата система в целом сохраняет свою работоспособность. В сочетании с высокой степенью отработанности каждого элемента схемы, соблюдение принципа дублирования придало объединенной двигательной установке тот уровень надежности, который позволяет ей безотказно функционировать на орбите уже более 13 лет.

По мере построения комплекса (последовательного присоединения к нему модулей "Квант", "Квант-2", "Кристалл", "Спектр", "Природа" и стыковочного отсека) значительно изменились его инерционно-массовые характеристики. ОК "Мир" стал значительно "тяжелее" и "неповоротливее". Особенно острой стала проблема управления ориентацией ОК по каналу крена из-за того, что двигатели, обеспечивающие эту ориентацию, расположены на относительно малом расстоянии от оси, проходящей через центр масс комплекса (это расстояние ограничено диаметром базового блока). В результате на управление "Миром" по крену необходимо было затрачивать довольно много топлива. Это повлекло за собой необходимость многократных дозаправок, соответственно частых запусков транспортных кораблей и, как следствие, значительных финансовых затрат.

Решение проблемы было найдено в виде выносной двигательной установки (ВДУ). Оно выглядит логически простым, но одновременно технически нестандартным. Двигатели управления по крену разместили как можно дальше от центра масс комплекса. Увеличение плеча минимизировало потребные импульсы на управление и, соответственно, расход топлива. Первая ВДУ была доставлена на орбиту с помощью транспортного грузового корабля.

Выносная двигательная установка представляет собой достаточно небольшой и компактный блок. Дозаправка не предполагается, на орбиту доставляется в заправленном состоянии и после израсходования топлива заменяется новой. Такая операция была проведена в 1998 г., когда отработавшая свое ВДУ была демонтирована и просто отброшена космонавтами от

комплекса. На ее место была установлена новая ВДУ, доставленная на борт "Мира" очередным грузовиком. В настоящее время она исправно функционирует в составе комплекса.

Доработка системы управления двигателями пространственной ориентации ОК также была выполнена без особых трудозатрат: космонавты отстыковали соответствующие кабели от двигателей управления базовым блоком по крену и при помощи специальных удлинителей подсоединили их к ВДУ. При этом не пришлось даже корректировать программно-математическое обеспечение системы управления движением.

Успешная эксплуатация ВДУ на "Мире" доказала возможность использования выносных двигателей ориентации и на международной космической станции (МКС). Для нее разрабатывается стационарный блок, который должен будет функционировать в течение всего срока эксплуатации МКС без замены и дозаправки.

А пока полет ОК "Мир" продолжается. На орбите работает новый экипаж. Станет он очередным или последним зависит от того, найдутся ли деньги для эксплуатации станции, хотя политическое решение премьер-министра РФ о продлении полета до 2002 года имеется. Тем более, что по данным специалистов РКК "Энергия", осуществляющих постоянный контроль за состоянием двигательных установок комплекса "Мир", на сегодняшний день все узлы и агрегаты функционируют нормально, их ресурс далеко



Фото из архива РКК "Энергия"

Корректирующий двигатель КРД-442 модулей "Мира"



Фото из архива РКК "Энергия"

Двигатели ориентации орбитального комплекса

не исчерпан, и можно уверенно прогнозировать безотказную работу на достаточно продолжительный срок.

DIGEST

"Mir" orbital complex (OC), the most sophisticated multimodule space object, has been operating in space for more than 13 years. So long time period of OC on an orbit is provided by its unique engine installations and not less unique capabilities of in-flight refueling. All "MIR" engines are connected to a common fuel system, thus, different purpose and thrust engines are fed from common fuel tanks. The integral powerplant (ODU) includes 2 interchangeable vernier engines (300-kg thrust) and 32 orientation-system motors (13-kg thrust). The motors provide OC 3-axis control with a high redundancy level. For fuel saving under OC bank control (after on-orbit assembling of all modules) it was taken a decision to install outboard engine (VDU).

ENGINES OF "MIR" ORBITAL COMPLEX