

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ОРБИТАЛЬНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

---

Виктор Михайлович Иванов родился в 1955 г. в городе Калининграде Московской области. Начальник отдела ФГУП ЦНИИмаш. Кандидат технических наук. Основные научные интересы — в области разработки перспективных космических систем, реализующих орбитальные сервисные операции на орбите и предназначенных для повышения эффективности космической деятельности за счет продления сроков активного существования перспективных КА, повышения надежности их функционирования и снижения затрат на поддержание работоспособности космических объектов. Автор более 30 научных трудов.

Viktor M. IVANOV, Ph.D., was born in 1955, in the Moscow Region. He is the Head of a Department at the Central Engineering Research Institute (TSNIIMASH). His major research interests include advanced space systems intended to orbital servicing activity. He has published over 30 technical papers.

---

*В статье представлены результаты исследований возможности реализации перспективного метода поддержания эксплуатации космических аппаратов нового поколения путем их обслуживания непосредственно на рабочих орбитах. Разработана концепция внедрения сервисных операций, сформулированы задачи сервисной космической инфраструктуры, технические требования к средствам обслуживания, определен состав космической системы.*

Техническое обслуживание автоматических объектов непосредственно на рабочих орбитах является важным направлением повышения эффективности перспективной космической деятельности. Основным результатом внедрения в практику космических исследований орбитального обслуживания является повышение сроков активного существования изделий ракетно-космической техники, надежности функционирования и снижение затрат на поддержание эксплуатации группировок космических аппаратов (КА).

В настоящее время в ракетно-космической отрасли накоплен большой опыт проведения операций по техническому обслуживанию объектов, но, в основном, он связан с поддержанием функционирования пилотируемых станций силами экипажей. Применительно к автоматическим КА таким примером может служить только процесс функци-

онирования телескопа Hubble, который уже более 17 лет находится в штатной эксплуатации и неоднократно подвергался сервисному обслуживанию с использованием Space Shuttle. Однако по мере расширения космической деятельности, усложнения решаемых в космосе задач и ужесточения рамок финансирования проектов на первый план начинает выходить проблема более широкого внедрения сервисных орбитальных технологий. Успешное решение данной проблемы предполагает проведение исследований по таким направлениям, как:

- оценка областей рационального применения орбитального обслуживания;
- разработка и обоснование перечня приоритетных задач (операций) сервисного обслуживания автоматических КА;
- определение технических требований, которым должны соответствовать перспективные КА для реализации сервисных операций;

— разработка проектных обликов космических средств, предназначенных для выполнения орбитальных операций;

— формирование оптимального облика и состава космической сервисной системы в целом и этапности её создания.

Естественно, что перечень конкретных задач, которые должны решаться при разработке проблемы технического обслуживания, намного шире. Однако основные концептуальные положения формирования космической сервисной инфраструктуры связаны именно с проработкой этих направлений.

Ранее проведенные исследования [1, 2] показали, что перечень задач, решаемых сервисными средствами, включает следующие типовые операции:

— диагностику технического состояния КА, замену (ремонт) отдельных модулей, дооснащение;

— заправку объектов топливом и другими расходными компонентами;

— стыковку с аппаратами, потерявшими ориентацию, и их стабилизацию;

— удаление объектов с рабочей орбиты;

— сборку крупногабаритных космических конструкций;

— энергоснабжение обесточенных КА и др.

Состояние работ по исследованию возможности реализации технологии орбитального обслуживания за рубежом характеризуется проведением орбитальных экспериментов по отработке отдельных из вышеуказанных операций (проект Orbital Express), а также разработкой технических решений по формированию проектных обликов аппаратов обслуживания (проекты Hermes, OLEV, FRIEND).

Ранее проведенные исследования показали, что области применения системы обслуживания целесообразно формировать под воздействием трех основных факторов:

— баллистического построения рабочих орбит функционирования обслуживаемых объектов;

— технических возможностей ключевых элементов космического сегмента системы обслуживания;

— экономической целесообразности реализации сервисных операций.

Параметры орбит, на которых функционируют обслуживаемые объекты, являются наиболее важным фактором при выборе оптимального варианта обслуживания. В общем случае можно выделить два подхода.

Первый подход предполагает использование соответствующих средств для доставки КА обслуживания и ремонта (КАОР) на орбиту расположе-

ния обслуживаемого объекта. При этом последующие поиск и сближение осуществляются непосредственно КАОР. После завершения сервисных операций он либо переходит к обслуживанию следующих КА, либо перелетает на станцию базирования для пополнения расходных материалов и ожидания следующей заявки на ремонт.

Второй подход заключается в создании на определенных орбитах специальных станций промежуточного базирования, включающих в свой состав ряд специализированных КАОР и позволяющих при необходимости проводить сервисные операции с причаленными к ним объектами в случае сложного ремонта.

Важным моментом в процессе принятия решения о полномасштабном развертывании работ по созданию космической сервисной инфраструктуры является оценка ее рентабельности. В настоящее время существует ряд подходов к оценке экономической целесообразности внедрения сервисных технологий. Полученные при их использовании результаты подтверждают существенный экономический эффект в случае внедрения данного метода поддержания работоспособности группировок перспективных КА. Так, в [3] отмечается, что, по зарубежным оценкам, он может достигать 22% от затрат на поддержание работоспособности объектов традиционным путем (методом их замены на новый КА), а выигрыш от модернизации в полете навигационных аппаратов GPS определен в 2 млрд. \$.

Наиболее комплексным представляется подход, разработанный ФГУП ЦНИИмаш и позволяющий в первом приближении оценивать технико-экономическую целесообразность применения орбитального обслуживания. В основу подхода положен анализ очевидного условия — стоимость эксплуатации КА и их группировок при использовании метода орбитального обслуживания не должна превышать аналогичную стоимость при использовании традиционных методов (в основном резервирования) поддержания их работоспособности. При этом аналитические зависимости, характеризующие области рентабельного применения сервисных операций учитывают такие факторы, как стоимость изготовления и запуска объектов, стоимость дооснащения КА до состояния обслуживаемых, количество аппаратов в группировках, степень восстановления при ремонте, кратность использования обслуживающих средств. Разработанный подход имеет важное практическое значение, так как позволяет на этапе формирования требований к характеристикам перспективных объектов более обоснованно проводить выбор основных параметров, определяющих технические решения.

Что касается требований, которым должны соответствовать объекты для реализации на них орбитального обслуживания, то они, в общем случае, сводятся к требованиям ремонтпригодности и предполагают модульное построение конструкции; унификацию модулей по габаритам, устройствам крепления, способам коммуникации; наличие системы диагностики и локализации отказов и т.п.

С учетом высокой стоимости КА, уникальности их оборудования и целевой направленности решаемых задач представляется целесообразным рассматривать в качестве приоритетных объектов для внедрения орбитального обслуживания следующие перспективные аппараты:

- научные КА для получения фундаментальных результатов в области астрофизики, изучения Солнца и солнечно-земных связей;
- КА для исследований в области космических технологий и физики невесомости;
- КА дистанционного зондирования Земли;
- КА на основе крупногабаритных конструкций;
- КА двойного назначения.

Естественно, что состав и облик системы космических средств обслуживания объектов на орбите определяется теми задачами, на решение которых нацелена ее разработка, и предполагает наличие следующих компонентов:

- средств выведения и доразгона в одноразовом или многоразовом исполнении;
- космических аппаратов обслуживания и ремонта (пилотируемых и автоматических);
- обслуживаемых объектов;
- орбитальных технических центров — станций базирования;
- технических средств обеспечения управления полетом и сервисными операциями.

Варианты обслуживания и, как следствие, варианты построения сервисной системы могут быть различными. Начиная с самого очевидного, когда с Земли запускается сервисный аппарат на орбиту требующего ремонта объекта (объектов) и после выполнения всех восстановительных операций он либо прекращает свое существование, либо возвращается на Землю. И заканчивая самым перспективным и комплексным, когда в космосе создается целая инфраструктура с использованием многоразовых элементов и промежуточных технических центров, куда могут буксироваться обслуживаемые аппараты для стационарного ремонта.

Результаты проведенных исследований показали, что в качестве первого шага система и её ключевые элементы должны быть нацелены на выполнение следующих приоритетных операций: дозап-

равку объектов расходными материалами; стабилизацию объектов, потерявших ориентацию; замену наиболее доступных блоков и агрегатов КА. Кроме того, важной составляющей при реализации любой сервисной операции является оценка технического состояния объектов, т.е. эффективной диагностики на основе контактных и дистанционных методов.

Масштабы и темпы внедрения в практику космической деятельности технологий орбитального обслуживания определяются в основном экономическими факторами, а также степенью технической готовности космических объектов к орбитальному обслуживанию.

## Выводы

Таким образом, анализ основных положений, связанных с разработкой орбитальных сервисных операций, подтверждает реальность их внедрения в процесс эксплуатации перспективных КА и возможность повышения эффективности проводимых космических исследований.

## Summary

Some results are discussed related to research of possibilities to implement an advanced technique intended to maintenance support for new-generation space vehicles by means of servicing immediately on their operational orbits. A concept is suggested to introduce servicing activity. Jobs are formulated for a servicing space infrastructure as well as requirements for servicing tools. A composition for the space system is determined.

## Библиографический список

1. *Иванов В.М.* Методология проектирования космических средств обслуживания перспективных КА на орбите // Журнал «Космонавтика и ракетостроение». 2006. № 4 (45). С. 137-142.
2. *Ивашкин В.В., Райкунов Г.Г.* Оптимальное обслуживание системы ИСЗ // Журнал «Техническая кибернетика». 1993. № 1. С. 111-120.
3. *Лисов И.* «Зоопарк» на «Атласе»: космический робот, суперкомпьютер и другие // Журнал «Новости космонавтики». 2007. № 5. С. 18-23.

ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (ФГУП ЦНИИмаш)  
Статья поступила в редакцию 17.03.2008