

**ТРАНСПОРТНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА:  
ЗАДАЧИ, СТРУКТУРА, ПАРАМЕТРЫ**

© 2019 М.В. Борисов, О.Ф. Садыков

Акционерное общество «Ракетно-космический центр «Прогресс», г. Самара

Статья поступила в редакцию 05.02.2019

В статье проведено исследование современных средств доставки космических аппаратов как объектов выполнения этапа транспортировки полезной нагрузки в космическом пространстве в процессе доставки полезного груза космического средства. Рассмотрена транспортная космическая система как следующий уровень в развитии этапа транспортировки полезной нагрузки в космическом пространстве. На основе результатов анализа задач, которые представлены в Федеральной космической программе РФ на 2016-2025 годы, рассмотрен предварительный состав транспортной космической системы на базе современных космических изделий.

*Ключевые слова:* транспортная космическая система, транспортное орбитальное средство, модульное орбитальное средство.

**ВВЕДЕНИЕ**

Процесс доставки полезного груза космического средства – это совокупность операции от момента транспортировки и установки в пусковую установку ракеты космического назначения (РКН) в составе ракеты-носителя (РН) и полезного груза (ПГ) до момента расстыковки полезной нагрузки со средством выведения при доставке на орбиту назначения, связанных с перемещением полезной нагрузки в пространстве без изменения её геометрических форм, размеров и физико-химических свойств [1].

Процесс доставки, как и любой технический процесс, помимо структуры (совокупность операции) содержит и технологию (способ реализации совокупности операции) работы. Под технологией процесса доставки полезного груза понимается способ реализации конкретного процесса доставки путем расчленения его на систему последовательных взаимосвязанных этапов и операций, которые выполняются более или менее однозначно и имеют целью достижение высокой эффективности перевозок. Задача технологии – очистить процесс доставки полезных грузов от ненужных операций, сделать его целенаправленным. Сущность технологии выявляется через два основных понятия: этап и операция. Этап – это набор операций, с помощью которых осуществляется тот или иной процесс. Операция – однородная, логически неделимая часть процесса доставки, направленная на достижение определенной цели, выполняемая одним или несколькими исполнителями.

Принципиальная схема процесса доставки полезного груза космического средства включает три этапа [2]:

*Борисов Максим Владимирович, кандидат технических наук. E-mail: borisovma@samspace.ru*  
*Садыков Олег Фирдавсович. E-mail: oleg\_sadykov@bk.ru*

- первый этап: Этап подготовки к пуску ракеты космического назначения (рис. 1);
- второй этап: Этап вывода полезного груза ракета-носителем на опорную орбиту (рис. 2);
- третий этап: Этап транспортировки полезной нагрузки в космическом пространстве (рис. 3).

Для доставки полезной нагрузки (ПН) на орбиту назначения прямым выведением ракеты космического назначения необходимым и достаточным условиям является осуществление двух первых этапов принципиальной схемы процесса доставки полезного груза космического средства (при необходимости относительно небольшим использованием топлива космического аппарата для перехода с опорной орбиты на орбиту назначения). Как пример, доставка на транспортном пилотируемом корабле (ТПК) серии «Союз МС» экипажа или транспортировка на транспортном грузовом корабле (ТГК) серии «Прогресс МС» грузов на международную космическую станцию (МКС). На первом этапе произведут транспортировку и установку на стартовом комплексе ракету космического назначения в составе ракеты-носителя «Союз-ФГ» и ПГ («Союз МС»/«Прогресс МС»). На втором этапе выполняют запуск ракеты космического назначения «Союз-ФГ» с выводом на опорную орбиту ТПК «Союз МС» или ТГК «Прогресс МС». На опорной орбите маршевый ракетный двигатель космического корабля выдает импульс для перехода на орбиту МКС. На данной орбите планируется провести в автоматическом режиме сближение космического корабля со станцией и причаливание к стыковочному узлу модуля российского сегмента МКС.

При необходимости проведения дополнительных маневров в космическом пространстве для доставки полезной нагрузки с опорной орбиты на орбиту назначения необходимо выпол-

нение операций 3 этапа. Разгонный блок (РБ) или блок выведения (БВ) с заданной точностью и в назначенное время обеспечивают проведение данных маневров. Как пример, доставка разгонным блоком «Фрегат» навигационного космического аппарата нового поколения «Глонасс-К» на среднюю круговую орбиту высотой 19100 км. С космодрома «Плесецк» производят запуск ракеты космического назначения в составе ракеты-носителя «Союз-2-1б» и ПГ (РБ «Фрегат» с КА «Глонасс-К»). Сразу после отделения третьей ступени РН включаются двигатели стабилизации РБ, которые обеспечивают ориентацию и стабилизацию на участке пассивного полёта по суборбитальной траектории до первого включения двигателя РБ. Далее РБ «Фрегат» выполняет



Рис. 1. Этап подготовки к пуску РКН

ряд включения, в результате которых формируется переходная орбита с апогеем, близким апогею целевой орбиты. После последнего включения РБ выводит КА «Глонасс-К» на целевую орбиту и отделяется от КА.

При разработке принципиальной схемы процесса доставки полезного груза космического средства были использованы следующие определения. Полезный груз – это совокупность размещаемых в ракете устройств, выводимых на заданную орбиту. Совокупность устройств включает в себя космическое средство или аппарат (группу средств/аппаратов) и разгонный блок (блок выведения). Полезная нагрузка представляет собой часть полезного груза, в составе космического средства или аппарата с устройствами крепления и отделения космического аппарата от разгонного блока.

### РАЗГОННЫЙ БЛОК НА ЭТАПЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ

Разгонный блок представляет собой средство доставки космических средств и аппаратов, предназначенное для перемещения выводимых полезных нагрузок с опорной орбиты на орбиту назначения или направления космического аппарата (КА) на отлетные (межпланетные) траектории.

По сути, разгонный блок является специализированной верхней ступенью ракеты-носителя и используется в тех случаях, когда доставка КА на рабочую орбиту (в заданную точку пространства) не может быть решено прямым выведением РН и требует проведения дополнительных маневров.

Обычная верхняя ступень ракеты-носителя, как правило, имеет весьма небольшое время работы (десятки-сотни секунд) вследствие

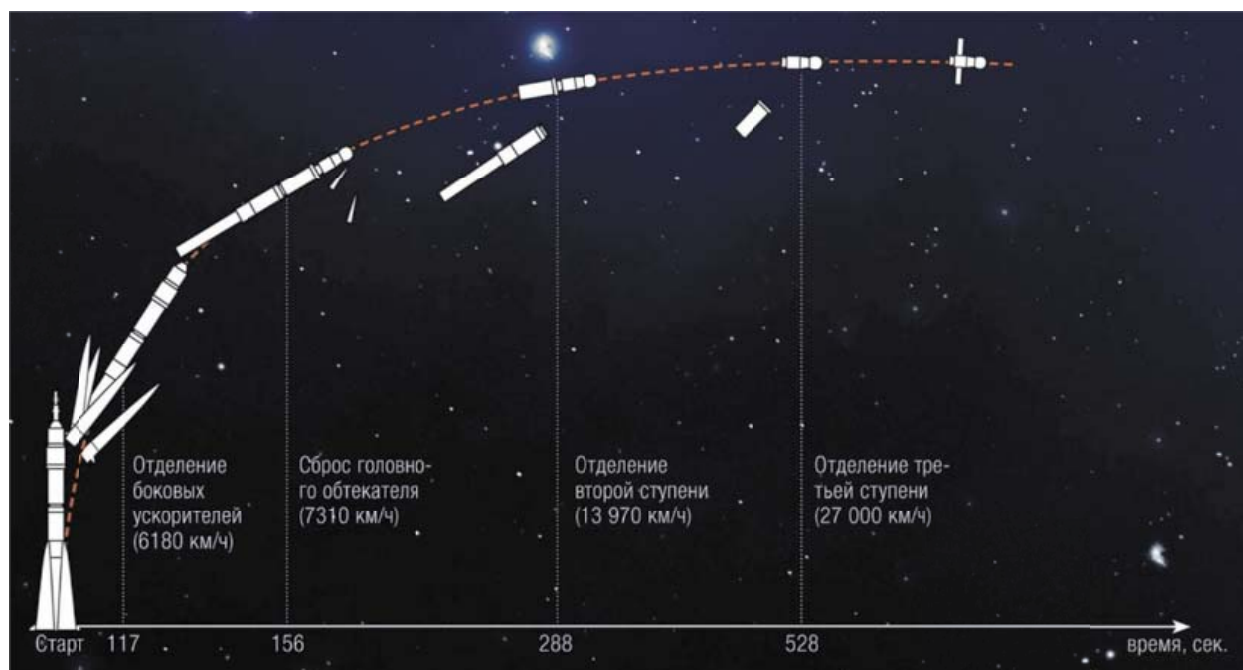


Рис. 2. Этап вывода ПГ РН на опорную орбиту

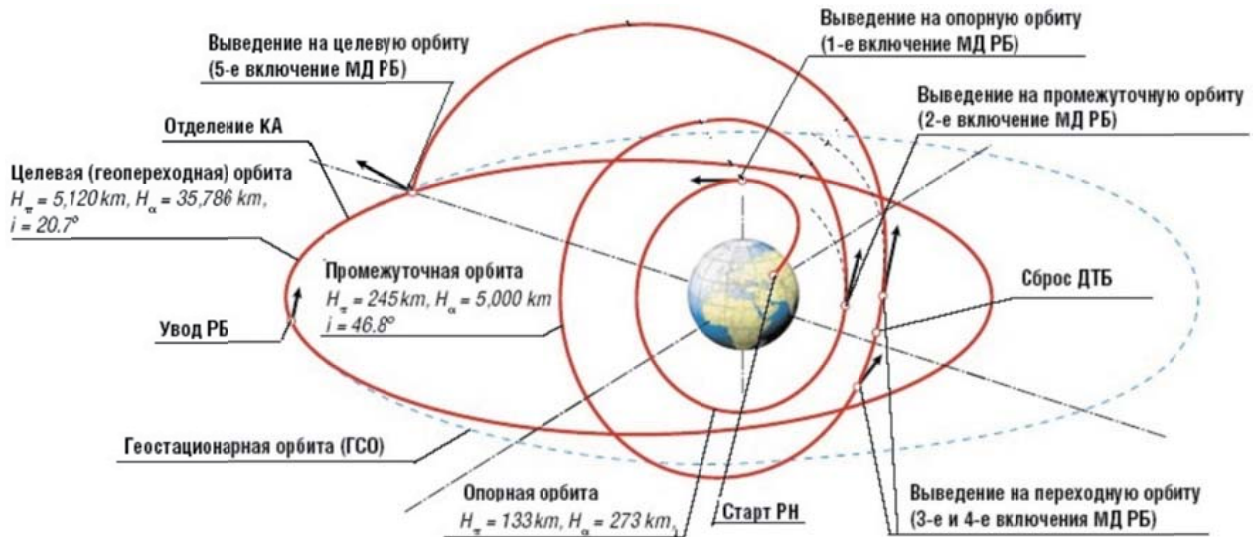


Рис. 3. Этап транспортировки полезной нагрузки в космическом пространстве

ограниченного непрерывного времени работы маршевых двигателей. При этом для точного выведения КА на требуемую орбиту может потребоваться выполнение одного или нескольких маневров, связанных с включением двигателя. Между этими включениями следуют продолжительные (от нескольких минут до нескольких часов) участки пассивного полета по переходным орбитам или траекториям. Вот для таких случаев и необходимо использование разгонных блоков. Маневры, осуществляемые разгонным блоком, можно разделить на несколько видов [3]:

- изменение параметров орбиты (высоты, наклонения);
- межорбитальные переходы в центральном поле тяготения;
- перевод КА на траектории полета к Луне или планетам Солнечной системы;
- поддержание (стабилизация) параметров орбиты в требуемых диапазонах;
- сход с орбиты (для того, чтобы после решения задачи выведения КА разгонный блок не превратился в «космический мусор»).

Задача доставки КА на рабочую орбиту (или отлетную траекторию) решается разгонным блоком, как было отмечено выше, с помощью ряда маневров, конечной целью которых является доставка полезной нагрузки с низкой опорной орбиты на более высокую требуемую (совокупность операции). В большинстве случаев эта задача может быть решена с использованием различных стратегий перелета, которые различаются количеством активных участков, временем перелета, суммарными затратами характеристической скорости, потребной на перелет, и т.д. (способ реализации совокупности операции). Наиболее оптимальная траектория перелета выбирается с учетом предъявляемых к КА требований и ограничений, а также исходя из энергетических возможностей разгонного блока [3].

Для осуществления требуемого перелета разгонный блок должен включать в свой состав двигательную установку, обеспечивающую многократное включение уже в условиях космического полета, достаточно сложную систему управления, соответствующие чувствительные и исполнительные органы, позволяющие осуществлять и поддерживать необходимую ориентацию, а также ряд других систем (телеметрии, электропитания, обеспечения теплового режима). Также необходимым атрибутом разгонного блока являются конструктивные элементы крепления КА и система отделения КА, которая в случае выведения нескольких спутников должна обеспечивать последовательное отделение аппаратов в нужное время в нужном направлении. Таким образом, разгонный блок, сочетая в себе свойства как ступени ракеты-носителя, так и космического аппарата, представляет собой весьма сложное, высокотехнологичное изделие, решающее ответственную задачу завершения выведения полезной нагрузки на рабочую орбиту.

Основные тактико-технические характеристики разгонных блок РФ представлены в табл. 1.

Разгонный блок как объект выполнения этапа транспортировки полезной нагрузки в космическом пространстве осуществляет действия, закрепленные за совокупностью операции данного этапа в процессе доставки полезного груза космического средства.

Ниже представлены главные достоинства и недостатки разгонного блока как объекта выполнения этапа транспортировки полезной нагрузки в космическом пространстве в процессе доставки полезного груза космического средства.

Достоинства:

- в конструкции применяют уже существующие и прошедшие летную квалификацию комплектующие системы и агрегаты, что обеспечивает высокую надежность, минимальную стоимость и минимальные сроки создания;

**Таблица 1.** Тактико-технические характеристики разгонных блок

Наименование характеристики	Наименование разгонных блоков				
	Бриз-КМ	Фрегат-МТ	Фрегат-СБ	КВСК	ДМ
Начальная масса с максимальной заправкой, кг	6475	7640	11680	13840	18600
Конечная масса, кг	1420	1035	1410	3080	3500
Компоненты топлива	АТ+НДМГ	АТ+НДМГ	АТ+НДМГ	О <sub>2</sub> +Н <sub>2</sub>	Керосин+О <sub>2</sub>
Запасы топлива, кг - заправляемый	5055	6650	10330	10760	15100
Габариты, мм: - высота - диаметр	2654 2490	1945 3800	2500 3870	в проекте	6820 4100
Тяга маршевого двигателя, Н:	19613	19908	19908	73550	78787
Удельный импульс, с:	329	333,2	333,2	470	353
Максимальное число включений маршевого двигателя	8	7	7	5	4

Примечание: Приведенные характеристики разгонных блоков используются из открытых источников [4]

- автономный, т.е. обеспечивает весь процесс выведения полезной нагрузки без вмешательства с Земли.

Недостатки:

- однократность применения разгонного блока как технического средства.

### ТРАНСПОРТНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Транспортная Космическая Система (ТКС) – это сложная техническая система, предназначенная для решения или обеспечения решения стратегических задач в освоении и использовании космического пространства РФ.

Транспортная космическая система – это космическая система, обеспечивающая запланированную и оперативную транспортировку полезной нагрузки в космическом пространстве с помощью орбитальных средств многократного применения.

Перечень целевых задач, решаемых с помощью ТКС:

- Транспортировка (запланированная и оперативная) космонавтов в космическом пространстве;

- Экстренная эвакуация космонавтов из зоны бедствия в космическом пространстве;

- Транспортировка (запланированная и оперативная) полезной нагрузки в космическом пространстве;

- Сбор, хранение и передача целевой, координатно-временной и телеметрической информации в навигационно-информационные центры;

- Мониторинг (наблюдение и сканирование) заданного участка космического простран-

ства, обнаружение, сопровождение, захват и транспортировка на пункты сбора космических средств и аппаратов с нефункционирующим бортовым комплексом управления.

Концепция транспортной космической системы в следующем: обеспечить согласованное развитие и функционирование всех типов орбитальных средств многократного применения и наземной инфраструктуры с целью максимального удовлетворения потребности Заказчика в транспортных услугах в космическом пространстве при минимальных затратах.

Схема деления ТКС на составные части предполагает следующее:

- Специальный комплекс управления космической системы;

- Космический комплекс обслуживания;

- Космический комплекс транспортировки.

Специальный комплекс управления космической системы (СКУ КС) предназначен для комплексного управления функционированием составных частей ТКС, обеспечивающее решения целевых задач данной системы.

Специальный комплекс управления космической системы – это совокупность функционально взаимосвязанных программно-технических средств аналитического комплекса, наземного автоматизированного комплекса управления космическими средствами и центра управления полетами космических аппаратов.

Аналитический Комплекс (АК) предназначен для стратегического планирования решения целевых задач ТКС на результатах анализа исходных данных, т.е. процесс разработки алгоритмов действий, связанных в пространстве и

во времени, нацеленных на выполнение целевых задач при любом наборе исходных данных.

Космический комплекс обслуживания (ККО) представляет собой совокупность функционально взаимосвязанных технических средств, предназначенный для создания условий и/или реализации функций, обеспечивающих долговременное функционирование орбитальных средств ТКС в условиях космического пространства. Техническое обслуживание, ремонт и обеспечение заправки компонентов топлива, жидкостей и газов орбитальных средств является решением задачи по обеспечению долговременного функционирования данных средств в условиях космического пространства.

Состав ККО следующий:

- Орбитальная база [5];
- Заправочная орбитальная станция [5].

Космический комплекс транспортировки (ККТ) обеспечивает решение задачи межорбитальной перевозки полезной нагрузки с помощью совокупности различных транспортных орбитальных средств, которые функционально объединены в орбитальные группировки.

Транспортное орбитальное средство представляет собой автоматическое космическое средство многократного применения, предназначенное для перевозки полезной нагрузки в космическом пространстве в соответствии с программой полета.

Транспортное орбитальное средство – это модульное орбитальное средство, состоящее из функционально-служебного, топливного, энергетического и узлового модулей.

Функционально-служебный модуль предназначен для реализации управляющих и обеспечивающих функций транспортного орбитального средства в орбитальном полёте.

Топливный модуль предназначен для хранения компонентов топлива, жидкостей и газов и снабжения ими двигательных установок ТОС [5].

Энергетический модуль предназначен для генерирования энергии, ее преобразования, стабилизации и обеспечивающий коммуникацию с потребителями энергии на ТОС [5].

Узловой модуль обеспечивает выполнение стыковки ТОС с КА, а также последующую их расстыковку. Конструктивно модуль состоит из двух осевых стыковочных узлов и боковых стыковочных узлов количеством до четырех в зависимости от модификации модуля.

Классифицировать ТОС необходимо по следующим группам:

- по типу применения первичного источника электроэнергии: солнечная батарея (СБ) или ядерная энергоустановка (ЯЭУ);
- по типу маршевых ракетных двигателей, применяемых в объединенной двигательной установке: жидкостные ракетные двигатели

(ЖРД) или электрические ракетные двигатели (ЭРД).

Так, на орбитах в диапазоне высот 190-2000 км от поверхности Земли функционируют ТОС, в конструкцию которых должны входить солнечные батареи и маршевый ЖРД в объединенной двигательной установке (сокращенно: транспортное орбитальное средство с солнечными батареями (ТОС-СБ)).

Совокупность ТОС-СБ на орбитах в диапазоне высот 190-2000 км в соответствии с баллистической структурой, сформированной СКУ, и обеспечивающих транспортировку ПН на данных орбитах представляет собой орбитальную группировку космических средств на низких орбитах.

На орбитах высотой более 1000 км от поверхности Земли функционируют ТОС, в конструкцию которых должны входить энергетический модуль на основе ядерной энергоустановки и объединенная двигательная установка на основе электрических ракетных двигателей (сокращенно: транспортное орбитальное средство с ядерной энергоустановкой (ТОС-ЯЭУ)).

Совокупность ТОС-ЯЭУ на орбитах высотой более 1000 км в соответствии с баллистической структурой, сформированной СКУ, и обеспечивающих транспортировку ПП на данных орбитах представляет собой орбитальную группировку космических средств на высоких орбитах.

Состав и структура взаимодействия составных частей транспортной космической системы проектируются из следующих соображений:

- базовый состав и структура взаимодействия программно-технических средств, которые используются в процессе доставки полезного груза космического средства, планируется в зависимости от среднесрочного и долгосрочного прогнозов в сфере предоставления космических услуг;
- планирование увеличения состава программно-технических средств осуществляется по результатам анализа состояния рынка предоставления космических услуг в краткосрочную перспективу;
- состав и структура взаимодействия программно-технических средств, используемые при осуществлении этапа транспортировки полезной нагрузки в космическом пространстве, планируются в зависимости от орбиты назначения;
- необходимо включить в состав орбитальной группировки «резервное» транспортное орбитальное средство, расположенное на определенной орбите в режиме «ожидания», для гарантированного выполнения этапа транспортировки полезной нагрузки.

Принципиальная структурная схема деления ТКС представлена на рис. 4.





**Рис. 4.** Принципиальная структурная схема деления ТКС:

- 1 – совокупность ЦУП КА и НАКУ ОС с транспортными орбитальными средствами обеспечат решение части задач космического комплекса транспортировки;
- 2 – совокупность ЦУП КА и НАКУ ОС с орбитальной базой и заправочной орбитальной станцией обеспечат выполнение конкретных функций космического комплекса обслуживания

Функционирование технических средств транспортной космической системы при транспортировке полезной нагрузки в космическом пространстве по принципиальной схеме, которая представлена на рис. 5, заключается в следующем.

Заказчик формирует задание: основная и второстепенные цели, уровень важности, сроки, технические характеристики полезного груза, комплекс параметров начальной и конечной орбит. Сформированное задание направляется в специальный комплекс управления ТКС. В аналитическом комплексе происходит анализ исходных данных, по результатам которого вырабатывается алгоритм действий для изделий системы, тип, количество и вид взаимодействия которых необходимо для выполнения задания в полном объеме.

В запланированное время по команде с центра управления полетами бортовая центральная вычислительная машина (БЦВМ) транспортного орбитального средства многократного применения формирует команду на лазерную систему обнаружения и сопровождения, которая начинает сканировать заданный участок исходной орбиты. Излучения, приходящие из заданного участка исходной орбиты, поступают в систему обработки величины мощности отраженных потоков лазерного излучения устройства приема

отраженного сигнала [5, 6]. При подтверждении факта наличия лазерного излучения, отраженного от устройства уголкового отражателя, установленного в конструкции полезной нагрузки, лазерная система переходит в режим сопровождения. Данная информация автоматически поступает в БЦВМ для выдачи сигналов управления на блок управления тягой ракетных двигателей объединенной двигательной установки, для осуществления перехода транспортного орбитального средства многократного применения на орбиту нахождения полезной нагрузки (исходная орбита), их сближения и стыковки. При подтверждении стыковки космических средств БЦВМ в соответствии с программой полета производит выдачу сигналов управления в объединенную двигательную установку транспортного орбитального средства для осуществления перехода с исходной орбиты на орбиту назначения. На орбите назначения происходит расстыковка транспортного орбитального средства многократного применения с полезной нагрузкой. Полезную нагрузку передают под управление Заказчика, транспортное орбитальное средство переводят в режим ожидания для повторного использования в процессе доставки полезного груза.

В данной статье специальный комплекс управления, космический комплекс обслужи-

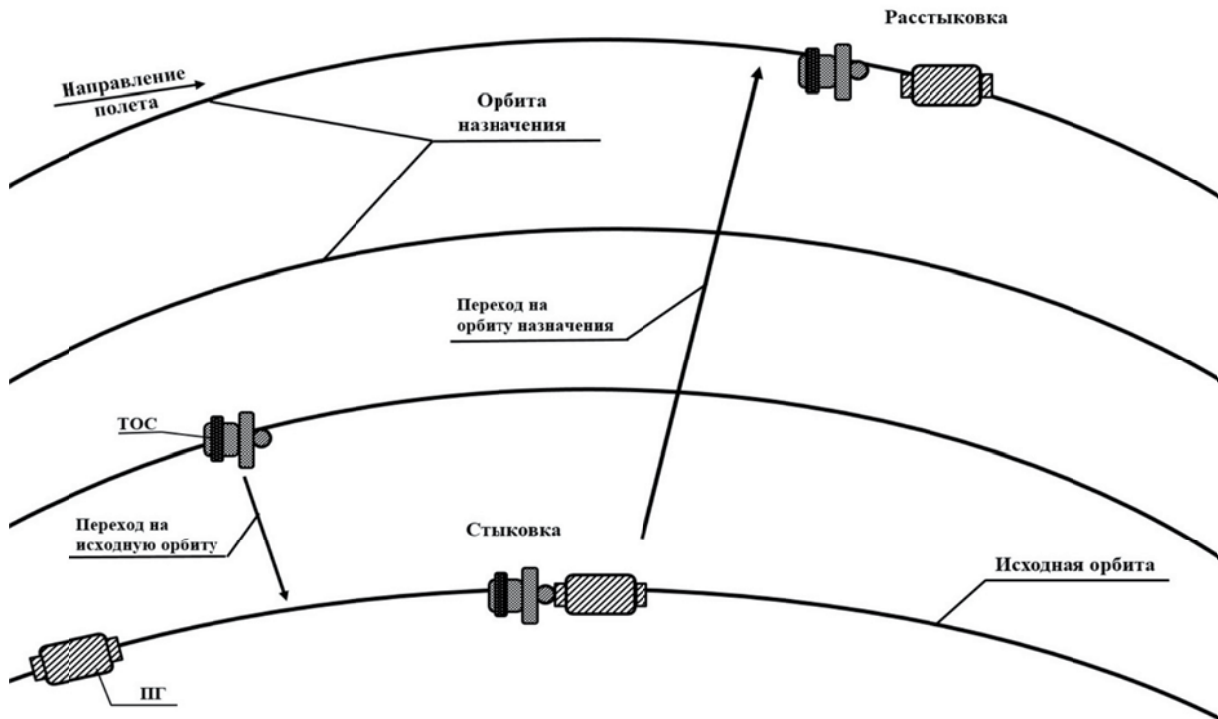


Рис. 5. Принципиальная схема транспортировки ПН в космическом пространстве

вания и космический комплекс транспортировки представлены в составе транспортной космической системы для обеспечения решения целевых задач этой системы. Но в соответствии со своими функциональными возможностями, структурой и программно-техническими средствами представленные космические комплексы смогут обеспечить решение конкретных задач самостоятельно. Например, программно-технические средства ЦУП КА и НАКУ ОС из состава специального комплекса управления в совокупности с транспортными орбитальными средствами обеспечат решение задач космического комплекса транспортировки (рис. 4); программно-технические средства ЦУП КА и НАКУ ОС в совокупности с орбитальной базой и заправочной орбитальной станцией обеспечат выполнение конкретной функции космического комплекса обслуживания (рис. 4). Однако, только функциональная совокупность указанных комплексов позволит ТКС получить свойства, не сводящимися к свойствам составных частей.

Используя результаты вышеуказанных рассуждений, можно выработать более полное определение транспортной космической системы:

Транспортная космическая система – это совокупность объектов и субъектов транспортной и логистической инфраструктуры вместе с материальными, финансовыми и информационными потоками между ними, выполняющая функции транспортировки, хранения, распределения товаров, а также информационного и правового сопровождения товарных потоков.

#### ТРАНСПОРТНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА НА ЭТАПЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ В КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Технические средства из состава транспортной космической системы в процессе доставки полезного груза космического средства, как и разгонный блок, выполняют работы по осуществлению этапа транспортировки полезной нагрузки в космическом пространстве.

Однако существуют принципиальные отличия в структуре (совокупность операции) и в технологии (способ реализации совокупности операции) работ при реализации этапа транспортировки полезной нагрузки в космическом пространстве между техническими средствами транспортной космической системы и разгонным блоком (блоком выведения).

Отличия в структуре исходят от высоты орбиты, на которую необходимо транспортировать полезную нагрузку, отличия в технологии – из концепции ТКС. Рассмотрим их более подробно.

Особенности в структуре (совокупность операции) работ.

1. Применение различных типов транспортных орбитальных средств. Так, для перевозки полезной нагрузки на орбиту высотой до 2000 км от поверхности Земли необходимо транспортное орбитальное средство из орбитальной группировки космических средств на низких орбитах. При выполнении операции перевозки полезной нагрузки с исходной орбиты в диапазоне высот 190-1000 км на орбиту назначения высотой более 2000 км от поверхности Земли

необходимо транспортное орбитальное средство из орбитальной группировки космических средств на низких орбитах для перевозки полезной нагрузки до орбиты высотой 1000 км и транспортное орбитальное средство из орбитальной группировки космических средств на высоких орбитах для перевозки полезной нагрузки с орбиты высотой 1000 км до орбиты назначения. Для выполнения межорбитальных перевозок полезной нагрузки на орбитах в диапазоне высот более 2000 км от поверхности Земли необходимо транспортное орбитальное средство из орбитальной группировки космических средств на высоких орбитах.

Особенности в технологии (способ реализации совокупности операции) работ.

1. Применение многоразовых транспортных орбитальных средств.

2. Включение в состав орбитальных группировок «резервных» орбитальных средств.

3. Применение орбитальных средств из состава комплекса обслуживания.

Ниже представлены главные достоинства транспортной космической системы при выполнении операции перевозки полезной нагрузки в космическом пространстве в процессе доставки полезного груза.

Достоинства:

- применение многоразовых транспортных орбитальных средств;

- применение космического комплекса обслуживания, который обеспечивает долговременное функционирование орбитальных средств ТКС в условиях космического пространства;

- применение программно-технических средств специального комплекса управления космической системы, обеспечивающие эффективное управления функционированием составных частей в структуре данной системы.

#### **ТРАНСПОРТНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА В ФЕДЕРАЛЬНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЕ РФ НА 2016-2025 ГОДЫ**

Рассматривая Федеральную космическую программу РФ на 2016-2025 годы с точки зрения целевых задач, решаемых с помощью ТКС, наиболее интересны следующие пункты [4]:

1. Увеличение орбитальной группировки средств ДЗЗ с 8 КА (в 2015 году) до 23 КА (к 2025 году);

2. Завершение развертывания российского сегмента МКС в составе 7 модулей и продолжение ее эксплуатации до 2024 года с обеспечением технической возможности создания российской орбитальной станции на базе 3 российских модулей МКС после завершения ее эксплуатации;

3. Создание пилотируемого транспортно-корабля нового поколения и проведение его летной отработки;

4. Увеличение орбитальной группировки спутниковых систем связи с 32 до 41 КА к 2025 году;

5. Для реализации фундаментальные космические исследования планируется к 2025 году осуществить запуски следующих КА:

- для реализации научных программ исследований астрофизических объектов – 2 КА: «Спектр-РГ», «Спектр-УФ»;

- для изучения комбинированных эффектов невесомости и ионизирующей радиации на различные организмы в ходе полета – 2 КА («Бион» № 2, 3);

- для исследования Луны, Марса и планет Солнечной системы – КА «Луна-Глоб», «Луна-Ресурс», «ЭкзоМарс» № 1, 2, «Луна-Грунт», «Экспедиция-М».

Обобщая данную информацию, ее необходимо разделить на три основные группы согласно тематической направленности.

1. Орбиты назначения, на которые будут выводятся космические средства и аппараты:

- диапазон орбит высотой 190-2000 км от поверхности Земли;

- диапазон орбит высотой 18000-40000 км от поверхности Земли;

- орбита планеты Луна (384000 км) и низкие окололунные орбиты;

- диапазон орбит выше высоты 384000 км от поверхности Земли.

2. Количество космических средств и аппаратов, выводимые на орбиты назначения:

- к МКС в 2019 году будут выведены четыре корабля «Союза МС», два корабля «Прогресс МС», с 2020 года будут выводиться по два «Союза МС» в год; в 2019 году будут выведены и пристыкованы к МКС два модуля, в 2021 году – один; до 2025 года на орбиты в диапазоне высот 190-2000 км от поверхности Земли будет выведены до пятнадцати КА;

- на орбиты в диапазоне высот 18000-40000 км от поверхности Земли будут выведены девять КА;

- на орбиту планеты Луна будет выведено четыре КА;

- на орбиты выше высоты 384000 км от поверхности Земли будет выведено пять КА.

3. Количество и тип ТОС, необходимые для перевозки космических средств и аппаратов на орбиты назначения в заданный промежуток времени:

- для доставки полезной нагрузки на орбиты назначения в диапазоне высот 190-2000 км от поверхности Земли необходима орбитальная группировка космических средств на низких орбитах в составе двух аппаратов: дежурного и резервного;

- для доставки полезной нагрузки на орбиты назначения в диапазоне высот 18000-40000 км от поверхности Земли необходимо ТОС-СБ для



перевозки полезной нагрузки до орбиты высотой 1000 км и транспортное орбитальное средство с ЯЭУ для доставки полезной нагрузки с орбиты высотой 1000 км на орбиты назначения;

- для доставки полезной нагрузки по маршруту «Земля-Луна-Земля» необходимо ТОС-СБ и ТОС-ЯЭУ, работающие в последовательности «ТОС-СБ→ТОС-ЯЭУ, ТОС-ЯЭУ→ТОС-СБ»;

- для доставки полезной нагрузки на орбиту планет Солнечной системы по маршруту «Земля-орбита назначения» необходимо применять современные и перспективные разгонные блоки.

На основе результатов анализа задач, которые представлены в Федеральной космической программе РФ на 2016-2025 годы, рассмотрена предварительная структура составных частей транспортной космической системы, которая формируется на базе современных и перспективных космических изделий. Для осуществления данного решения предлагается провести минимальные доработки конструкции конкретных изделий для выполнения целевых задач, поставленных перед всей системой.

Космический комплекс транспортировки в составе двух ТОС-СБ (дежурный и резервный) и одного ТОС-ЯЭУ обеспечивает межорбитальную перевозку полезной нагрузки в диапазоне высот 190-400000 км от поверхности Земли. ТОС-СБ функционируют на орбитах в диапазоне высот 190-2000 км, ТОС-ЯЭУ – на орбитах в диапазоне высот 1000-400000 км от поверхности Земли. Основой для разработки ТОС-СБ может стать модернизация разгонного блока «Фрегат-МТ» разработки АО «НПО им. С.А. Лавочкина». Модернизация предполагает добавление в конструктивно-компоновочную схему разгонного блока узлового модуля и энергетического отсека с солнечными панелями, применение лазерной системы обнаружения и сопровождения и замены ракетного двигателя. Основой для разработки ТОС-ЯЭУ могут стать работы: Государственного научного центра РФ — федеральное государственное унитарное предприятие «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша» по теме космической ядерной энергодвигательной установки, и работы публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва» по теме транспортного орбитального средства [8].

Выполнение основных функции орбитальной базы и заправочной орбитальной станции из состава космического комплекса обслуживания, которые необходимы для работоспособности ТОС-СБ на низких орбитах, осуществляется на современных модулях Российского сегмента МКС; орбитальные средства, обеспечивающие работу ТОС-ЯЭУ на высоких орбитах, состыкованы в комплекс, который расположен на орбите высотой 1000 км.

Функции специального комплекса управления осуществляются на программно-технических средствах ЦУП КА (г. Королев) и НАКУ ОС (средства комплекса размещаются на командно-измерительных пунктах, рассредоточенных по земному шару) с консолидацией, анализом и обработкой всей информации в аналитическом комплексе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Транспортная космическая система является следующим этапом в развитии предоставления услуг в сфере транспортировки полезной нагрузки в космическом пространстве.

2. Представлен предварительный состав транспортной космической системы, сформированный на базе современных космических изделий.

3. Внедрение транспортной космической системы в пилотируемые космические программы позволит уменьшить стоимость доставки полезной нагрузки в соответствии со следующими причинами:

- использование орбитальных средств многократного применения (ТОС-СП) в схеме транспортировки полезной нагрузки на МКС;

- изменение структурно-компоновочной схем пилотируемых космических кораблей серии «Союз» и «Прогресс» (исключение из конструкции отдельных деталей, узлов и отсеков), что в итоге приводит к уменьшению массы данных изделий и позволит увеличить массу полезной нагрузки, выводимой на МКС без увеличения тактико-технических характеристик средств выведения в целом и энергетических характеристик ракетных двигателей в частности, что в свою очередь позволит уменьшить стоимость доставки полезного груза в 2,5-3 раза.

4. Возможность ремонта на орбите космических аппаратов с незавершенным сроком активного существования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сердюк В.К. Проектирование средств выведения космических аппаратов. М.: Машиностроение, 2009. 504 с.
2. Левантовский В.И. Механика космического полета в элементарном изложении. М.: Наука, 1980. 512 с.
3. Хохулин В.С., Чумаков В.А. Проектирование космических разгонных блоков с ЖРД: Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. М.: Изд-во МАИ, 2000. 72 с.
4. Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос». Основные положения Федеральной космической программы 2016-2025. URL: <https://www.roscosmos.ru/22347/> (дата обращения 20.01.2019).
5. ГОСТ Р 53802-2010. Системы и комплексы космические. Термины и определения [Электрон-

- ный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-53802-2010> (дата обращения 20.01.2019).
6. Мордасов, В.И., Гришанов В.Н. Проектирование лазерных систем авиационного и космического назначения. Часть 1: Учебное пособие. Самара: СГАУ, 1995. 121 с.
  7. Мордасов, В.И., Гришанов В.Н. Проектирование лазерных систем авиационного и космического назначения. Часть 2: Учебное пособие. Самара: СГАУ, 1995. 171 с.
  8. Сравнительный анализ технико-экономической эффективности применения многоразовых межорбитальных буксиров с ядерной электроракетной двигательной установкой и одноразовых химических разгонных блоков в транспортных операциях по доставке полезных грузов на окололунную орбиту / Е.Ю. Кувшинова, В.Н. Акимов, Н.И. Архангельский, В.М. Нестеров // Космическая техника и технологии. 2016. № 3(14). С. 62-70.

### **TRANSPORT SPACE SYSTEM: TASKS, STRUCTURE, PARAMETERS**

© 2019 M.V. Borisov, O.F. Sadykov

Joint Stock Company Space Rocket Centre Progress, Samara

In the article, a study of modern means of delivering spacecraft as objects of execution of the stage of transportation of the payload in space in the process of delivering the payload of the space vehicle has been conducted. The space transport system is considered as the next level in the development of the payload transportation stage in outer space. Based on the results of the analysis of the tasks that are presented in the Federal Space Program of the Russian Federation for 2016-2025, the preliminary composition of the space transportation system based on modern space products was considered.

*Keywords:* space transport system, orbital vehicle, modular orbital vehicle.