

УДК 339.13:629.76/.78

О роли многоразовых транспортных средств в условиях организации космического производства

On the role of reusable vehicles in the conditions of organizing space production

В статье приводится краткий обзор основных перспективных направлений в области космического производства, исходя из наработанных на сегодняшний день технологий. Рассматривается способ снижения затрат на создание космического производства, а также его дальнейшее транспортно-техническое обеспечение за счет использования многоразовых транспортных средств.

The article provides a brief overview of the main promising areas in space manufacturing direction, based on the technologies developed to date. The article considers a way to reduce the costs of creating space manufacturing, as well as its further transport and technical support through the use of reusable vehicles.

Ключевые слова: космическое производство, многоразовый транспортный корабль, грузопоток, снижение затрат, инвестиции.

Keywords: space manufacturing, reusable transport spaceship, cargo flow, cost reduction, investment.



ЕМЕЛИН АНДРЕЙ АЛЬБЕРТОВИЧ

к.э.н., заместитель генерального директора по технико-экономическому обоснованию программ РКТ, АО «Организация «Агат»

EMELIN ANDREY

PhD (Economics), Deputy of CEO for feasibility study of rocket and space technology, JSC "Organization "Agat"



ЗАВИЛОВ ИЛЬЯ МИХАЙЛОВИЧ

Главный эксперт департамента пилотируемых космических программ, Госкорпорация «Роскосмос»

ZAVILOV ILYA

Chief Expert of the Department of Manned Space Programs, Roscosmos State Corporation



КЛЕНИНА ТАТЬЯНА ВАЛЕРЬЕВНА

Главный специалист отдела пилотируемых программ, АО «Организация «Агат»

KLENINA TATIANA

Chief Specialist of the Manned Space Programs Department, JSC "Organization "Agat"



СЕРЖАНТОВ ТАРАС МИХАЙЛОВИЧ

Начальник департамента ТЭО ФЦП, АО
«Организация «Агат»

SERZHANTOV TARAS

Head of Department of Feasibility study of federal target programs, JSC "Organization "Agat"

Введение

Технологические эксперименты в целях создания космического производства на борту космических аппаратов проводятся с конца 70-х годов прошлого века. В целом, космическое производство – это производство за пределами Земли. Уникальные условия космического пространства: микрогравитация и вакуум, позволяющие создать сверхчистые материалы, одновременный доступ к сверхнизким и сверхвысоким температурам – либо не достижимы в земных условиях, либо требуют больших затрат на их создание, как энергетических, так и финансовых [1].

В настоящее время эксперименты проводятся в разных сферах космического производства. Для осуществления экспедиций в дальний космос, создания лунной базы или освоения других планет, например, интерес представляет разработка лунного грунта, получение водородного топлива из льда, добытого на астероидах или возможное усовершенствование способов обеспечения пилотируемых миссий (производство кислорода, производство еды с помощью 3D-принтера) [2]. Рассматривается также возможность разработки астероидов с целью добычи и доставки на Землю драгоценных металлов. В целях обеспечения земных нужд наиболее приближенными для организации космического производства рассматриваются сферы создания уникальных полупроводниковых сплавов, оптоволокон, производства в интересах медицины и фармакологии. Ещё одним направлением развития космического производства в аспекте экологии может стать перенос радиационных и других опасных производств за пределы земной атмосферы в целях сохранения биосферы Земли [3], [4].

Интерес частных капиталов к проведению коммерческих исследований в космическом пространстве растет. За рубежом появляются различные коммерческие компании, целью которых является создание производственных мощностей на орбите. Для привлечения инвестиций наиболее активно анонсируются производства в области биомедицины (выращивание белковых кристаллов, биологических тканей и изготовление биопрепаратов), создание полупроводниковых гетероструктур,

необходимых для производства перспективных приборов микро- и нанoeлектроники (выращивание в сверхвысоком вакууме монокристаллических плёнок) и др. (см. рис. 1) [5].

Организация производственных мощностей в условиях невесомости предусматривает создание, в том числе, специализированных модулей, постоянно находящихся на орбите (входящих в состав орбитальных станций, свободнолетающих, либо космических аппаратов, имеющих возможность как свободного полета, так и стыковки со станцией). При этом, на автономных модулях обеспечиваются условия со сниженным вибрационным воздействием.

Результаты, получаемые на космических производствах, могут находить применение как непосредственно в космосе (например, создание инструментов или элементов механизмов), так и на Земле. При этом последнее направление вызывает в настоящее время повышенный интерес, в том числе в связи с развитием технологий 3D печати и уникальными физическими



Рис. 1. Основные направления использования космического пространства в промышленных целях

условиями космического пространства. Для возвращения грузов с орбиты на Землю необходимы транспортные средства, предоставляющие такие возможности, при этом в случае возвращения грузов на Землю в спускаемом аппарате актуальным становится вопрос их повторного использования.

Несмотря на то, что эксплуатируемые в настоящее время ТПК «Союз МС» обладают сравнительно невысокой стоимостью изготовления, они дают весьма ограниченные возможности для возвращения грузов, а их повторное применение практикуется только в части отдельных систем и приборов. Применение многоразовых транспортных систем при развитии космического производства и, соответственно, наращивании грузопотока на Землю в определенных условиях может привести к снижению затрат и, соответственно, повышению экономической эффективности таких систем, однако стоимость миссий грузовых кораблей определяется не только и не столько стоимостью изготовления космического корабля.

В соответствии с принятой методологией стоимость миссии транспортного корабля включает затраты на изготовление космического корабля, изготовление средств выведения (ракеты-носителя и сборочно-защитного блока) и их транспортировку на космодром запуска, услуги по подготовке средств выведения к запуску, услуги по сопровождению запуска и посадки корабля с учетом послеполетного обслуживания. Укрупненная структура стоимости миссии приведена на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2 наиболее затратными являются космический корабль и средства выведения. Одним из очевидных путей снижения их стоимости является многократное применение этих составляющих. Несмотря на то, что рынок пусковых услуг получил большое развитие в последнее время, в том числе за счет участия частных компаний, стоимость доставки 1 кг груза на орбиту всё еще достаточно высока для большинства компаний. По оценке специалистов, на развитие промышленных космических технологий большое влияние может оказать снижение стоимости доставки на орбиту оборудования, необходимого для создания полномасштабного космического производства. Для его становления должна быть обеспечена регулярная доставка грузов на специализированные модули и возвращение их на Землю. При этом снижение стоимости такой доставки, а также самого космического производства, является одной из основных задач, которые позволяют человечеству приступить к осуществлению идей К.Э. Циолковского об освоении космического пространства во всемирном масштабе. По опыту эксплуатации космической техники уровень снижения может достигнуть 30%

при серийном изготовлении космической техники или её составных частей.

Как было отмечено выше, полное или частичное многоразовое применение транспортного корабля, при увеличении грузопотока с орбиты на Землю, создаст дополнительную возможность для сокращения стоимости миссий и повышения экономической эффективности космических производств. При этом исследования, проведенные отечественными и зарубежными специалистами, показывают, что переход на «многоразовость» всей космической транспортной системы, включающей средства выведения, космические корабли и межорбитальные буксиры, а также внедрение робототехнических средств позволяет даже в условиях «редких» полетов и транспортных операций, существенно уменьшить затраты на транспортные услуги в космосе [6]. По предварительным оценкам, стоимость повторного применения космической техники может достигать около 50% от стоимости изготовления нового изделия. При этом использование многоразового КК совместно с многоразовой РН позволит достичь более значительных эффектов (рис. 3).

В экономическом смысле «многоразовость» изделия обеспечивает возможность снижения затрат за счет доработки корабля для повторного использования относительно изготовления новой единицы с поправкой на кратность применения. При этом в оценках эффективности следует учитывать единовременные расходы на разработку многоразовых космических систем, поскольку экономия от повторного использования может не окупить затраты на их создание. Следует также отметить, что стоимость создания многоразовых космических транспортных систем может значительно превышать стоимость «одноразовых», поэтому при формировании требований в части «многоразовости» необходимо



Рис. 2. Структура стоимости миссии космического корабля

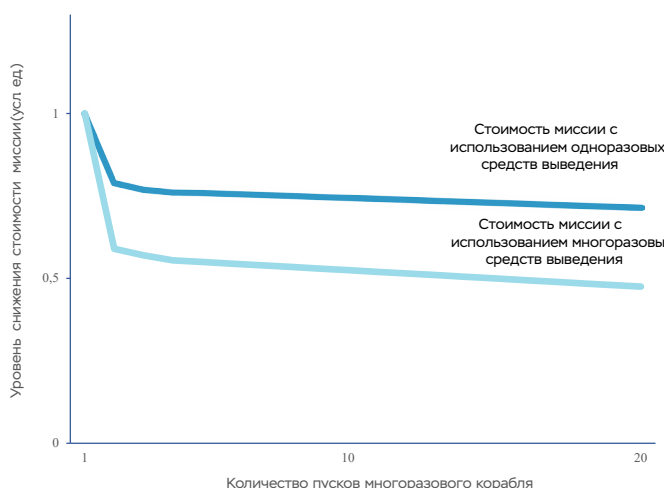


Рис. 3. Оценка уровня экономичности использования многоразового транспортного корабля

учитывать фактор стоимости достижения этих требований и осуществлять соответствующую балансировку для обеспечения экономической эффективности в условиях реализации конкретного рассматриваемого проекта.

Соответствующие исследования проводились по заказу Госкорпорации «Роскосмос», и расчеты АО «Организация «Агат» показали преимущества эксплуатируемого вот уже практически пятьдесят лет транспортного грузового корабля «Прогресс МС» над существующими и находящимися в стадии проектирования космическими кораблями по показателю удельной стоимости доставки грузов на Международную космическую станцию (МКС). При этом «Прогресс МС» не способен к возвращению грузов, а их транспортировка с космической станции на Землю на существующих пилотируемых транспортных кораблях, в том числе многоразового применения, на сегодняшний день не обладает необходимой эффективностью для

применения в условиях развития экспериментального космического производства. Следует отдельно отметить, что единственными примерами возвращаемых космических кораблей, которые обеспечивают не только возврат экипажей, но и значительных объемов грузов, в мировой практике являлись комплексы Space Shuttle и «Буран». Задачей возвращаемых космических кораблей, эксплуатируемых в мире на сегодняшний день, в первую очередь является возвращение экипажей, что не обеспечивает необходимых условий для перехода от экспериментального к промышленному космическому производству.

Заключение

Создание многоразовых транспортных систем, способных обеспечить возвращение значительных грузов с орбиты, а также сокращение удельных показателей стоимости возвращения таких грузов будет способствовать снижению входных барьеров как для государственных, так и для частных организаций в сегмент высокотехнологичного космического производства, а также привлечения частных инвестиций в сферу космического производства и развития космических технологий в целом. С учётом реализуемых и планируемых разработок космической техники многократного применения, а также планов по созданию российской орбитальной станции, актуальной задачей сегодняшнего дня является формирование сбалансированных требований для развития транспортных систем и космического производства, а также выполнение работ по доведению технологий до необходимых уровней готовности для оперативного их внедрения после появления орбитальных производственных комплексов и многоразовых транспортных систем.

Список литературы

1. Космическая техника / К. Гэтланд, – Мир, Москва, 1986 г.
2. 3D-печать: Еда в космосе [Электронный ресурс] https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/home/feature_3d_food.html.
3. Космическая добыча полезных ископаемых – статистика и факты [Электронный ресурс] <https://www.statista.com>.
4. Производство материалов в космосе: производство за пределами Земли только готовится к запуску, Сара Левин, 11 мая 2018 [Электронный ресурс] <https://www.space.com/40552-space-based-manufacturing-just-getting-started.html>.

5. Метод температурно-управляемой кристаллизации белков в условиях микрогравитации / И.Ж. Безбах, Б.Г. Захаров, В.В. Сафронов, В.И. Стрелов / Государственный музей истории космонавтики им. К.Э. Циолковского, г. Калуга, Секция "К.Э. Циолковский и проблемы космического производства", 2017 г.
6. Промышленное освоение космоса: Сборник трудов / К. Э. Циолковский; Сост. послесл. и коммент.: Т. Н. Желнина, Л. В. Лесков.– М.: Машиностроение, 1989.
7. Европейское космическое агентство [Электронный ресурс] https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Space_Rider.

List of literature

1. Space technology / Gatland K., – Mir, Moscow, 1986.
2. 3D Printing: Food in Space [Electronic resource] https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/home/feature_3d_food.html.
3. Space industry worldwide - statistics & facts [Electronic resource] <https://www.statista.com>.
4. Making Stuff in Space: Off-Earth Manufacturing Is Just Getting Started, Sarah Lewin, May 11, 2018 [Electronic resource] <https://www.space.com/40552-space-based-manufacturing-just-getting-started.html>.
5. The method of temperature-controlled protein crystallization in microgravity / I.J. Bezbakh, B.G. Zakharov, V.V. Safronov, V.I. Strelov/ K.E. Tsiolkovsky State Museum of the History of Cosmonautics, Kaluga, Section K.E. "Tsiolkovsky and problems of space production", 2017.
6. Industrial space exploration: A collection of works / K. E. Tsiolkovsky; Comp. afterword. and comment.: T. N. Zhelnina, L. V. Leskov.– М.: Mechanical Engineering, 1989.
7. The European Space Agency [Electronic resource] https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Space_Rider.