

МНОГОРАЗОВАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА В ПАКЕТНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

В.А. Афанасьев, В.И. Киселёв

Представлена конструктивно-компоновочная схема (ККС) многоразовой космической системы (МКТС), состоящей из воздушно-космического трансформирующегося аппарата (ВКТА), выводимого на околоземную орбиту с помощью первой и второй ступеней. Возвращение и спасение каждого из трёх компонентов МКТС построено на трансформации из исходной пакетной компоновки в одноосную компоновку при спуске в атмосфере, после чего происходит обратная трансформация и мягкая вертикальная посадка. Рассмотрено несколько стартовых конфигураций ВКТА с первой и второй ступенями.

Ключевые слова: воздушно-космический трансформирующийся самолёт, первая и вторая ступени, обслуживание МКС, трансформация, спуск в атмосфере, обратная трансформация, вертикальная посадка.

Введение. Для сокращения расходов на доставку полезной нагрузки на МКС и на возвращение грузов на землю, нужна многоразовая космическая транспортная система (МКТС). Американские космические челноки не оправдали возлагаемой на них надежды из-за низкой надёжности и высокой стоимости космического полёта, превышающей стоимость полёта одноразовой космической ракеты типа «Союз». В статье предлагается конструкторско-компоновочная схема (ККС) новой МКТС, состоящей из трёх подсистем – это воздушно космический трансформирующийся аппарат (ВКТА), первая и вторая ступени. Многократность применения каждой из трёх подсистем основана на принципе трансформации ККС в полёте [1].

Воздушно-космический трансформирующийся аппарат. В исходной стартовой и посадочной компоновке ВКТА представляет собой пакетное соединение двух одинаковых одноступенчатых ракет с жидко-топливными маршевыми ракетными двигателями (МРД), как показано на рис. 1.

МРД ВКТА предназначены для создания только осевых сил тяги и поэтому не содержат подвижных частей (ни отклоняемого сопла, ни качающейся камеры сгорания). Полезная нагрузка (ПН) размещается в соответствующих отсеках, которыми заканчивается каждая из двух ракет (рис. 1). Отсеки ПН могут в определенных пределах менять форму и размеры в зависимости от грузов, доставляемых на орбиту и возвращаемых на землю.

Управление угловыми движениями ВКТА в космосе и атмосфере осуществляется с помощью рулевых ракетных двигателей (РРД), неподвижно установленных в специальном отсеке (рис. 1) перед отсеком ПН. Сопла РРД выходят на поверхность корпуса и расположены так, чтобы при включении создавать угловые ускорения по каналам тангажа, рыскания и крена.

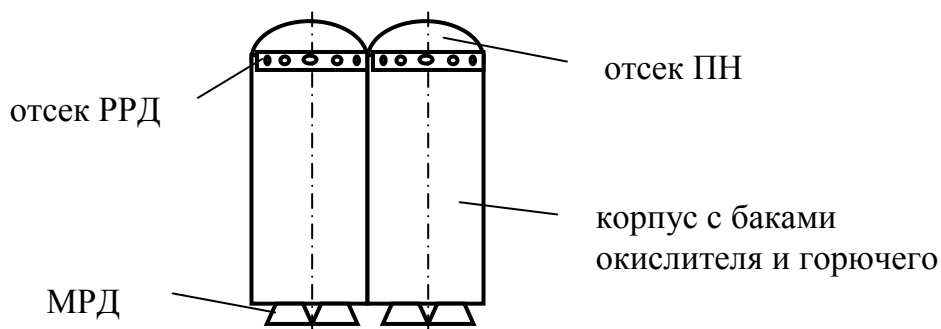


Рис. 1. ВКТА в исходной стартовой и посадочной конфигурации

В такой же пакетной компоновке ВКТА после выхода на орбиту выполняет необходимые маневры для сближения и стыковки с МКС, корректировку орбиты МКС после разгрузочно-погрузочных операций, сход с орбиты и вход в атмосферу. Трансформация ВКТА происходит при входе в атмосферу за счёт освобождения шарнирного соединения ракет и разворачивания обеих ракет друг относительно друга с помощью сил тяги РРД до образования осесимметричной компоновки, показанной на рис. 2.

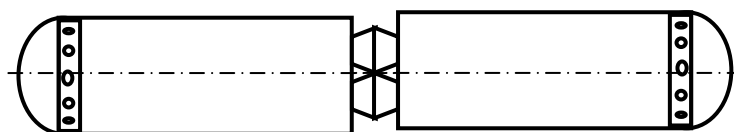


Рис. 2. ВКТА в одноосной компоновке при спуске в атмосферу

Одноосная аэродинамическая конфигурация автоматически обеспечивает самолёту ориентацию продольной оси перпендикулярно вектору скорости, за счёт чего образуется весьма значительное аэродинамическое сопротивление в атмосфере без дополнительных приспособлений и затрат топлива. Поскольку вход ВКТС в атмосферу происходит при скорости, близкой к круговой (7,8 км/с), то при спуске и торможении в атмосфере корпус ВКТА подвергается интенсивному нагреву. Чтобы сохранить прочность корпуса и защитить внутреннюю аппаратуру от перегрева, поверхность корпусов обеих ракет ВКТА покрывается теплозащитным материалом. А чтобы не допустить образования на поверхности критических точек (линий и поверхностей) и чтобы минимизировать массу теплозащитного материала, ВКТА в одноосной конфигурации совершает вращательные движения вокруг продольной оси с помощью РРД при определённой угловой скорости, которые позволяют равномерно распределить тепло по всей поверхности при небольшой толщине теплозащитного материала.

Когда центр масс ВКТА в осесимметричной компоновке не совпадает с геометрическим центром, что может осуществляться за счёт специальной укладки грузов, возвращаемых на землю, продольная ось ВКТА ориентируется не строго перпендикулярно вектору скорости, а под углом, несколько отличающимся от прямого. Пропорционально этому углу (углу между продольной осью и перпендикуляром к вектору скорости) возникает составляющая полной аэродинамической силы, перпендикулярная вектору скорости. Подъёмная сила не очень велика, но при достаточно продолжительном спуске в атмосфере, ВКТА может удалиться в поперечном направлении на расстояние 100–200 км, чтобы совершить посадку в нужном районе [2].

Образование небольшого угла атаки практически не уменьшат силу лобового сопротивления. В результате интенсивного торможения ВКТА в одноосной конфигурации входит в отвесное падение с высоты 10÷15 км. В этот момент ВКТА претерпевает обратную трансформацию, принимая исходную компоновку для мягкого вертикального приземления.

Для управления полётом в атмосфере ВКТА в одноосной конфигурации используются РРД обеих ракет. РРД канала крена создают угловую скорость и обеспечивают её регулирование. А РРД каналов тангажа и рыскания, включаясь в определённые моменты, создают моменты сил, в результате которых под действием подъёмной силы образуется прецессионное движение, используемое для управления поступательными движениями в атмосферном полёте [2].

Примечание 1. На рис. 1 и 2 не показаны торцевые шпангоуты, по которым происходит стыковка и соединение ракет в одноосной компоновке.

Вторая ступень. Вторая ступень предназначена для разгона МКТС после отделения первой ступени. Её ККС практически ничем не отличается от ККС ВКТА, за исключением отсека ПН, который на каждой ракете за-

менён на головной обтекатель, используемый для уменьшения сопротивления при полёте в атмосфере при разгоне первой ступенью. Длина ракет, составляющих вторую ступень, выбирается при оптимизации ККС всей МКТС. Как правило, она больше, чем у ВКТА, но меньше, чем у первой ступени. Поскольку полёт МКТС при разгоне второй ступенью проходит практически в космосе, то для оптимизации рабочих характеристик МРД второй ступени сопла делаются удлинёнными, что показано на рис. 5, 8 несколько большим диаметром выходного сечения сопла МРД.

Первая ступень. Первая ступень, как и вторая, также состоит из двух ракет, трансформирующихся из стартовой пакетной компоновки в одноосную при спуске в атмосфере и затем после атмосферного торможения трансформирующихся обратно в пакетную компоновку для вертикального приземления. Для технологичности производства обе ракеты в каждой из подсистем (ВКТА, первая и вторая ступени) имеют одинаковый диаметр. Маршевые ракетные двигатели на ракетах каждой подсистемы не имеют подвижных частей в виде поворотных сопел или качающихся камер сгорания. Они либо проектируются и изготавливаются заново, либо выбираются из уже существующих и хорошо зарекомендовавших себя на практике ракетных двигателей. Их количество и схема установки на каждой подсистеме выбираются исходя из оптимизации всей МКТС в процессе её проектирования.

Поскольку спасение каждой подсистемы осуществляется этими же ракетными двигателями, то для вертикального приземления первой ступени задействуется меньшее число МРД, чем установлено на ней для старта. В отличие от второй ступени и ВКТА, на которых при вертикальной посадке задействуются все установленные на них МРД.

Рулевые ракетные двигатели и управление полётом. Для управления полётом при разгоне МКТС с помощью МРД первой и второй ступеней используются рулевые ракетные двигатели (РРД), установленные в специальном отсеке, расположенном в верхней части каждой из двух ракет в каждой из трёх систем МКТС (рис. 3а, б).

Для управления по крену используются спаренные ракетные двигатели, создающие силы тяги противоположных направлений. На рис. 3б показаны 4 пары двигателей крена, установленные таким образом, чтобы сила тяги каждого двигателя образовывала момент вокруг продольной оси. Четыре двигателя создают момент крена одного направления и четыре двигателя другого направления.

Поскольку каждая подсистема МКТС состоит из двух ракет, то при полёте подсистемы в исходной пакетной компоновке сила тяги по тангажу удваивается, чего не скажешь про тягу по рысканию, для создания которой используется РРД одной ракеты в одном направлении и другой ракеты в противоположном направлении. Кроме того, двигатели тангажа могут использоваться для управления по крену в дополнение к специально предназначенным для этого спаренным РРД крена [4].

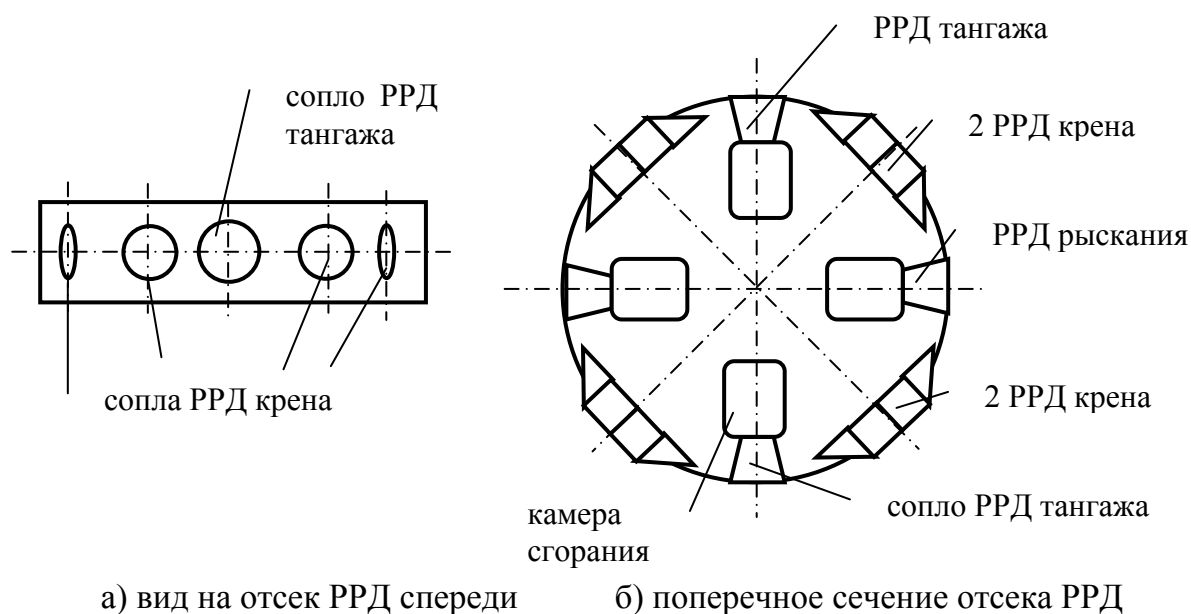


Рис. 3. Отсек рулевых ракетных двигателей

При полёте в атмосфере в одноосной компоновке для управления по тангажу и рыскания образуется момент от двух РРД тангажа (одной и второй ракет). Для управления по крену можно задействовать 8 РРД крена в одном направлении и столько же в другом направлении.

Стартовые компоновки МКТС. Старт МКТС может осуществляться в нескольких компоновках, составляемых из трёх подсистем (первая ступень, вторая ступень, ВКТА). Первая показана на рис. 4. Вид снизу на пакетную стартовую компоновку МКТС показан на рис. 5.

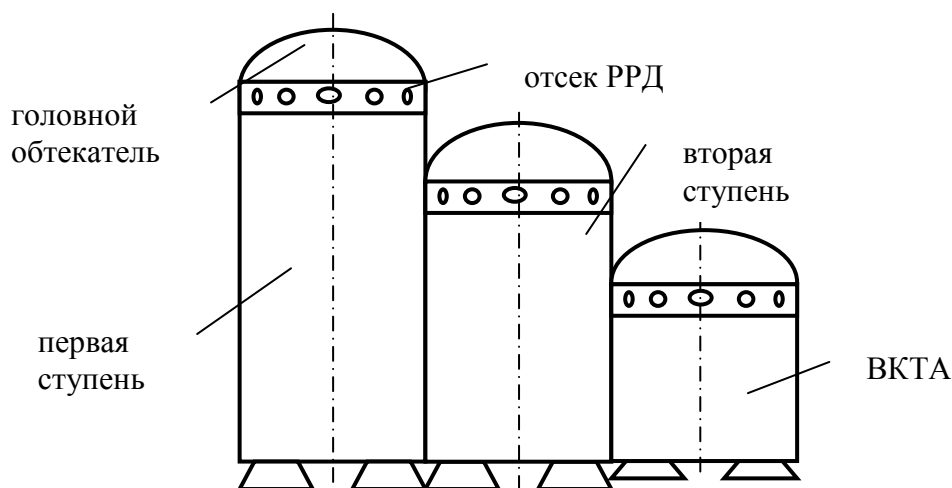


Рис. 4. Пакетная стартовая компоновка МКТС

На рис. 6 показана пакетная стартовая компоновка МКТС, в которой ВКТА расположен между первой и второй ступенями, когда плоскости,

содержащие продольные оси в каждой подсистеме, параллельны друг другу. Вид снизу на такую компоновку практически совпадает с видом на рис. 5, если поменять местами вторую ступень с ВКТА. Преимущество такой компоновки (рис. 6) состоит в меньшей величине момента от сил сопротивления, создаваемых первой ступенью и второй ступенью совместно с ВКТА при атмосферном разгонном полёте, который должны парировать маршевые двигатели первой ступени при вертикальном разгоне (рис. 5).

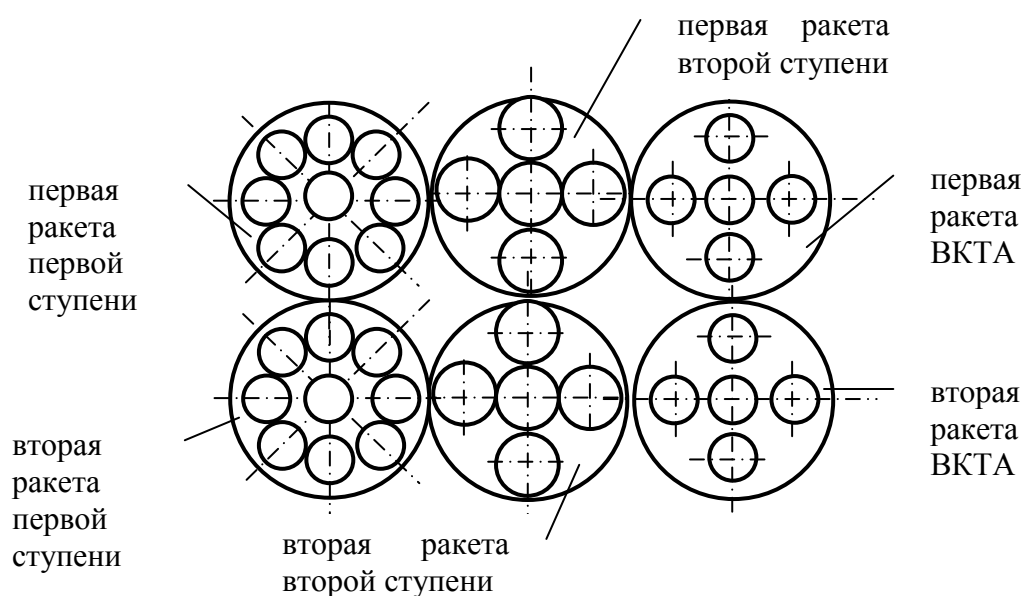


Рис. 5. Вид снизу на пакетную стартовую компоновку МКТС

С другой стороны, этот же момент от сил сопротивления первой ступени и второй ступени совместно с ВКТА (на плечах, определяемых из суммы моментов, приравняваемой нулю) следует использовать для разворота по программному углу тангажа с преодолением сил сопротивления обеих ступеней и ВКТА.

На рис. 7 показана «перекрёстная» стартовая компоновка МКТС, когда ВКТА расположен между первой и второй ступенями и развёрнут на 90° по сравнению с компоновкой, показанной на рис. 6. Здесь плоскость, проходящая через продольные оси ВКТА, перпендикулярна плоскостям, проходящим через продольные оси ракет первой и второй ступеней. Преимущество такой стартовой компоновки состоит, при одинаковом числе образующих соприкосновения поверхностей ВКТА и ступеней, равном пяти, в возможности использования практически всех РРД из обеих ракет ВКТА для управления полётом МКТС.

Вид снизу на «перекрёстную» стартовую компоновку показан на рис. 8. Сравнение рис. 5 и рис. 8 показывает, что перекрёстная компоновка имеет меньший объём просветов между подсистемами, которые могут искажать аэродинамические характеристики МКТС и усложнять её управления.

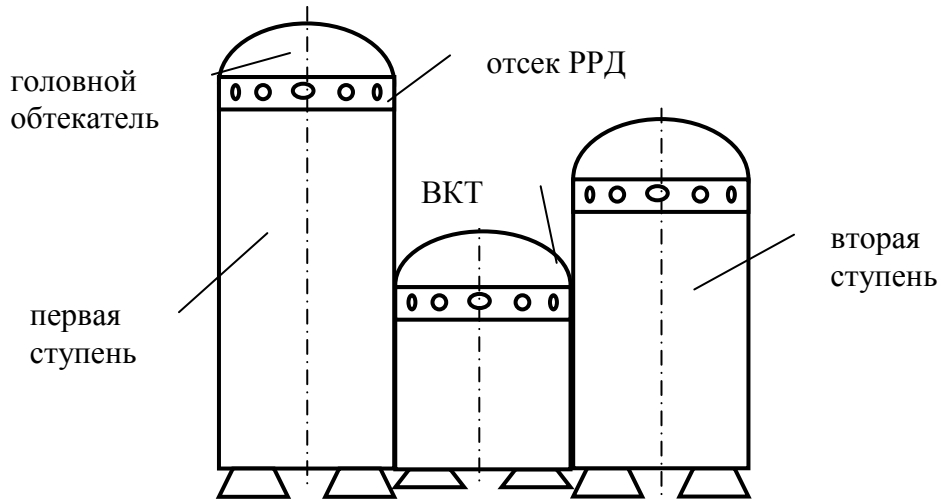


Рис. 6. Стартовая компоновка МКТС с ВКТА посередине

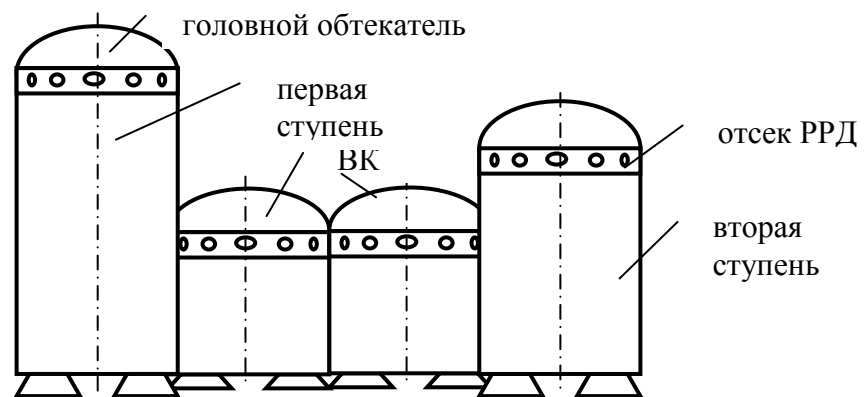


Рис. 7. Перекрёстная стартовая компоновка МКТС

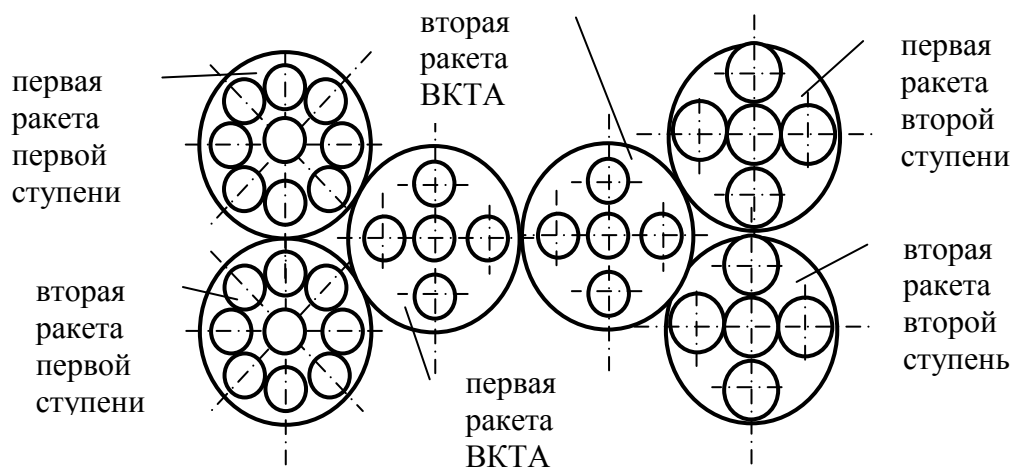


Рис. 8. Вид снизу на перекрёстную стартовую компоновку МКТС

Таким образом, предложена новая многоцветная космическая транспортная система (МКТС) для обслуживания МКС, состоящая из трёх подсистем – это воздушно-космический трансформирующийся аппарат (ВКТА), который выводится на околоземную орбиту с помощью первой и второй ступеней. В стартовой компоновке каждая подсистема состоит из двух одинаковых ракет. Возвращение каждой подсистемы основано на трансформации их исходных пакетных компоновок в одноосные аэродинамические конфигурации, которые при спуске в атмосфере ориентируются продольными осями перпендикулярно вектору скорости и достигают максимального аэродинамического торможения. После входа в отвесное падение каждая подсистема проходит обратную трансформацию, приобретая пакетную конфигурацию, в которой они совершают мягкое вертикальное приземление с помощью тех же маршевых ракетных двигателей, которые использовались для вывода ВКТА на орбиту. Рассмотрено несколько конструктивно-компоновочных схем соединения ВКТА с первой и второй ступенями на старте.

Предложенная пакетная конфигурация МКТС из трёх подсистем, каждая из которых состоит из двух одинаковых ракет, обладает следующими достоинствами:

- 1) существенно уменьшается высота МКТС, что облегчает её предстартовую подготовку;
- 2) пакетная компоновка усиливает конструкцию МКТС, что позволяет увеличить массу грузов, доставляемых на орбиту и возвращаемых на землю;
- 3) пакетная компоновка позволяет достаточно просто заменять первую и вторую ступени в зависимости от большей или меньшей массы ВКТА;
- 4) пакетная конфигурация каждой из трёх подсистем в виде двух одинаковых ракет, позволяет использовать одну ракету под хранение горючего, а другую для хранения окислителя.

Библиографический список

1. Патент № 2202500, МПК 7В64G 1/62, 1/14; F42В 15/10. Способ спасения ракет-носителей многоцветного применения и устройство для его осуществления / В.А. Афанасьев, В.С. Борзов, В.А. Данилкин, Г.Л. Дегтярёв, В.Г. Дегтярь, А.Ф. Марусик, А.С. Мещанов, Т.К. Сиразетдинов, Г.Г. Сытый, Ю.С. Телицын // Б.И. – 2003. – № 11.
2. Афанасьев, В.А. К математическому описанию движения многоцветных спускаемых летательных аппаратов нетрадиционных аэродинамических компоновок / В.А. Афанасьев, Г.Л. Дегтярев, А.С. Мещанов, Т.К. Сиразетдинов // Изв. вузов. Авиационная техника. – 2001. – № 3. – С. 10–14.
3. Афанасьев, В.А. Посадка летательных аппаратов без шасси / В.А. Афанасьев, Г.Л. Дегтярев, А.С. Мещанов, Т.К. Сиразетдинов // Известия вузов, Авиационная техника. – 2014. – № 4. – С. 11–13.

4. Афанасьев, В.А. Энергосберегающая космическая транспортная система / В.А. Афанасьев, Г.Л. Дегтярев, А.С. Мещанов // Труды XV Международного симпозиума «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение». Сборник докладов, г. Казань, 1–3 апреля 2015 г. – Казань, 2015. – С. 345–348.

5. Афанасьев, В.А. Управление возвращаемым космическим аппаратом на переходных траекториях в атмосфере / В.А. Афанасьев, Г.Л. Дегтярев, А.С. Мещанов // Известия вузов, Авиационная техника. – 2015. – № 2. – С. 16–22.

[К содержанию](#)