

УДК 629.7.085

Система аварийного спасения экипажа пилотируемых ракет-носителей семейства «Союз» для стартового комплекса в Гвианском космическом центре

06, июнь 2012

Ежов В.С.

*Студент,
кафедра «Стартовые и ракетные комплексы»*

*Научный руководитель: Зверев В.А.,
доцент кафедры «Стартовые и ракетные комплексы»*

Одним из самых значительных космических проектов текущего десятилетия является совместное строительство Европы и России космодрома для ракет-носителей (РН) «Союз-СТ» во французской Гвиане.

Космодром Куру (гвианский космический центр (ГКЦ)) расположен на широте 5°3', около 500 км к северу от экватора. В связи со столь близким расположением к экватору, вращение Земли придает РН дополнительную скорость в 460 метров в секунду (1656 км/ч) при траектории запуска в восточном направлении. Для РН семейства «Союз» это позволяет существенно увеличить массу полезной нагрузки, что значительно повышает эффективность каждого запуска.

На данный момент из ГКЦ осуществляются только непилотируемые запуски с помощью РН семейства «Союз». Но, как сообщил руководитель Европейского космического агентства Жан-Жак Дорден: "Когда мы проектировали и создавали космодром Куру, предполагалось, что в дальнейшем ракета-носитель "Союз" будет использована и для пилотируемых запусков".

Для осуществления пилотируемых запусков, стартовый комплекс в ГКЦ должен быть оборудован рядом систем, которые обеспечивали бы безопасность членов экипажа космического аппарата (КА).

Одной из таких систем должна быть система аварийного спасения (САС) экипажа, которая давала бы возможность произвести при необходимости экстренную эвакуацию членов экипажа КА в защищенное помещение.

Основные требования, предъявляемые к такой системе:

- система должна обеспечивать быструю эвакуацию экипажа КА без нанесения повреждений КА и РН;
- система должна вписываться в существующую инфраструктуру стартового комплекса в ГКЦ;
- система должна работать с момента отвода мобильной башни обслуживания (МБО) и до старта РН;
- система должна быть многоразовой.

В качестве такой системы предлагается использовать агрегат, изображенный на рис.1, который представляет собой подводимые к КА галерею и склиз, по которому члены экипажа КА эвакуируются в защищенный подземный бункер. Достоинства такой

системы в простоте, а, следовательно, и в надежности, а так же в скорости эвакуации и в отсутствии ограничений по количеству эвакуируемых членов экипажа.

Система аварийного спасения состоит из мачты, на которой крепится склиз и телескопическая галерея и защищенного бункера для укрытия экипажа.

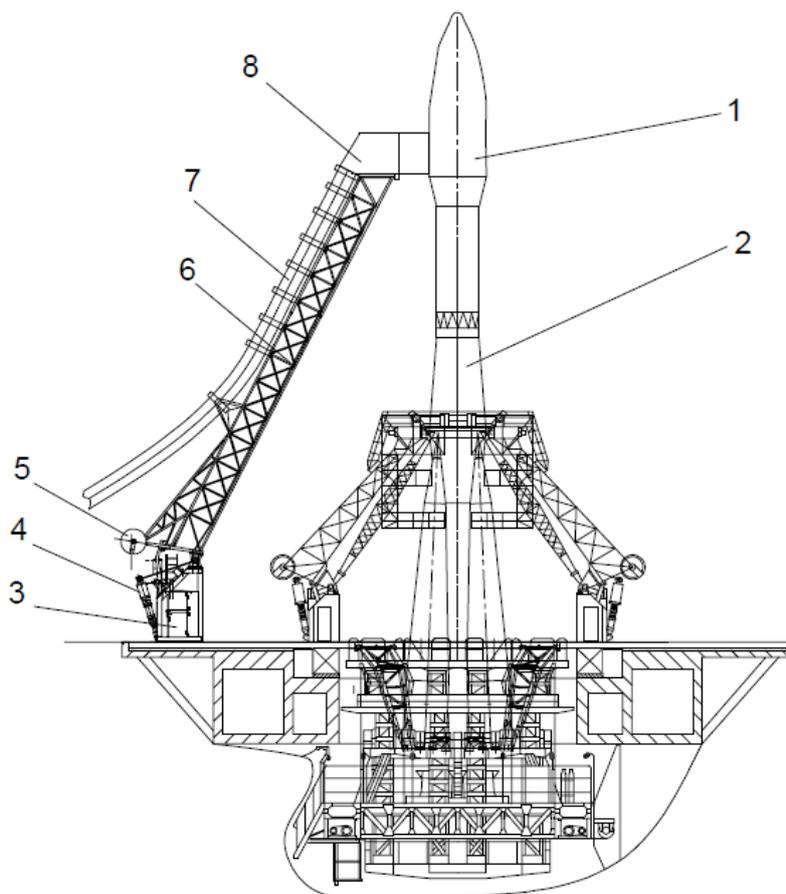


Рис. 1 – Общий вид стартовой системы с системой аварийного спасения: 1 – КА; 2 – РН; 3 – основание мачты САС; 4 – гидробуфер; 5 – противовес мачты САС; 6 – поворотная часть мачты САС; 7 – склиз; 8 – галерея эвакуации экипажа

Мачта САС состоит из основания и поворотной части. Основание служит опорой для размещения поворотной части мачты, гидродомкрата подвода, гидробуфера торможения и элементов гидросистемы. Поворотная часть мачты САС представляет из себя стержневую пространственную металлоконструкцию. Подвод поворотной части мачты осуществляется при помощи гидродомкрата, отвод - под действием противовеса. Торможение поворотной части мачты САС при отводе происходит при помощи гидробуфера.

К поворотной части мачты САС крепится склиз (рис.2). Крепление состоит из двух полуколец, между которыми крепится склиз так, что остается зазор, который выбирается болтами, что позволяет создать необходимый для удержания склиза натяг. Между полукольцами и склизом прокладывается резиновое уплотнительное кольцо. Нижнее полукольцо крепится к стойке. Стойка крепится к поворотной части мачты САС прижимом, который «обхватывает» элемент поворотной части мачты САС так, что остается зазор между ножкой стойки и полукольцом, выбираемый болтами для создания необходимого натяга.

Галерея САС служит для обеспечения безопасного выхода экипажа из КА. Она выполнена телескопической, внешняя часть остается неподвижной, а к КА подводится

внутренняя часть (см. рис.3). Такая схема выбрана, для того чтобы исключить соударение галереи САС и КА в момент подвода мачты.

В качестве привода выдвижения внутренней части галереи САС (см. рис.4) был выбран асинхронный серводвигатель с червячным редуктором и трансмиссией в виде цепной передачи. В качестве несущей конструкции подвижной части используется сварное основание, которое скользит вдоль направляющих, закрепленных на мачте. Нагрузка от подвижного основания на направляющие передается через ролики, для плавности хода имеющие резиновую рабочую поверхность.

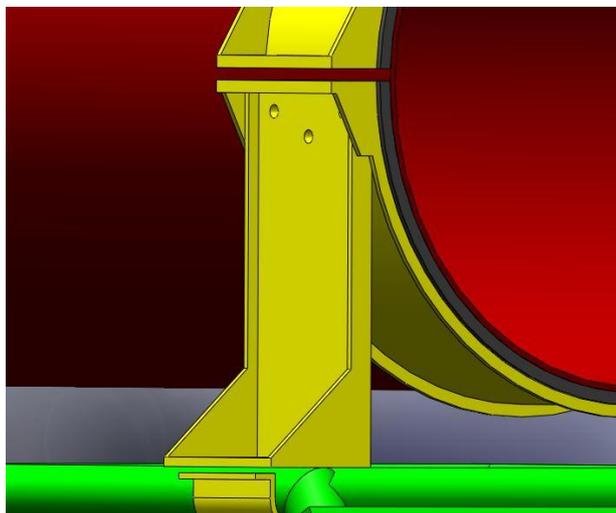


Рис.2 – Крепление склиза к мачте САС

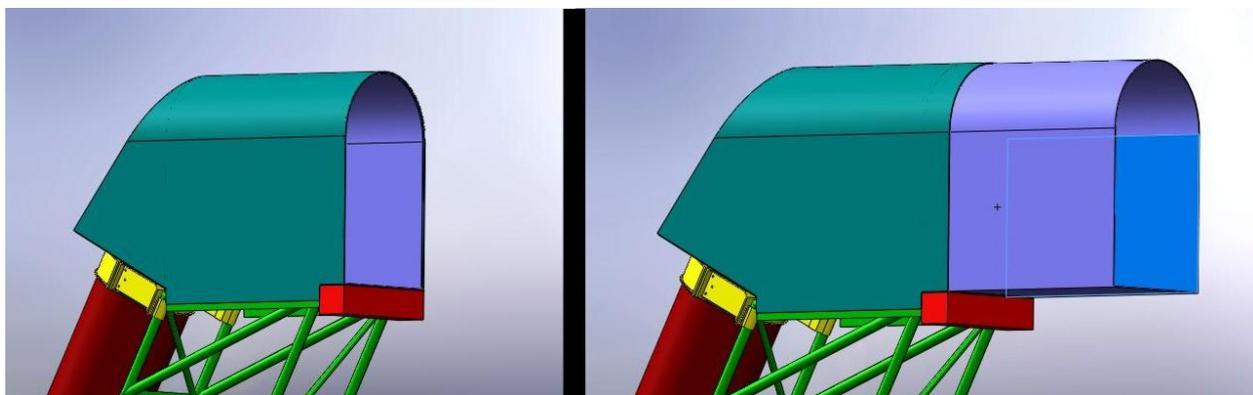


Рис.3 – Галерея эвакуации экипажа КА

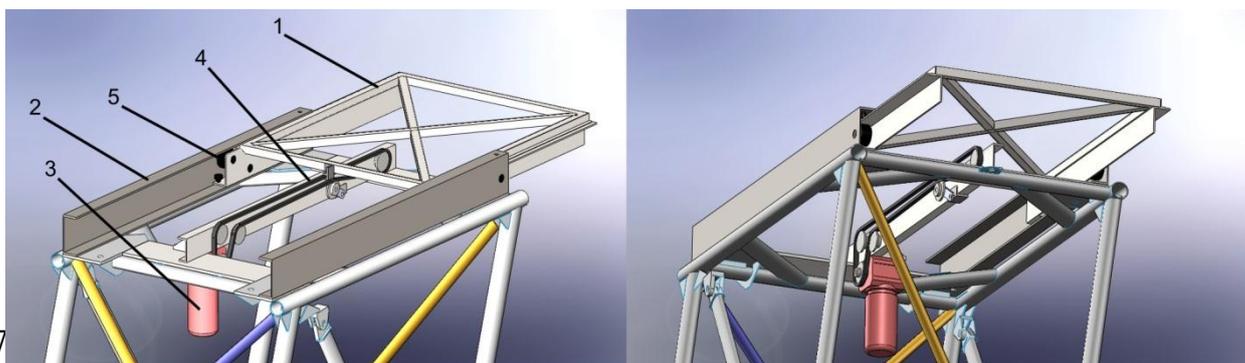


Рис.4 – Привод выдвигания внутренней части галереи САС: 1 – основание; 2 – направляющая; 3 – серводвигатель; 4 – конусная передача; 5 – ролик. Были проведены следующие расчеты:

- прочностной и жесткостной расчет несущих элементов поворотной части мачты САС;
- расчет основных параметров гидробуфера торможения;
- расчет кинематических параметров выдвигания внутренней части галереи САС.

Расчет на общую прочность и жесткость поворотной части мачты САС был проведен на основании метода конечных элементов [1] с помощью программного комплекса «SADAS», созданного на кафедре «Стартовые ракетные комплексы» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Конечно-элементная модель поворотной части мачты САС представлена на рис.5. Рассматривались три основных расчетных случая:

- мачта в подвешенном положении (учитываются весовые и ветровые нагрузки);
- момент встречи мачты с гидробуфером торможения при отводе (учитываются весовые, ветровые и инерционные нагрузки);
- мачта в отведенном положении (учитываются весовые и ветровые нагрузки).

На основе расчета напряженно-деформированного состояния модели поворотной части мачты САС от нагрузок, соответствующих рассматриваемым расчетным случаям, были подобраны сечения основных несущих элементов. Сечения подбирались такими, чтобы конструкция не только отвечала требованиям прочности и жесткости, но и имела определенный запас на случай модернизации САС.

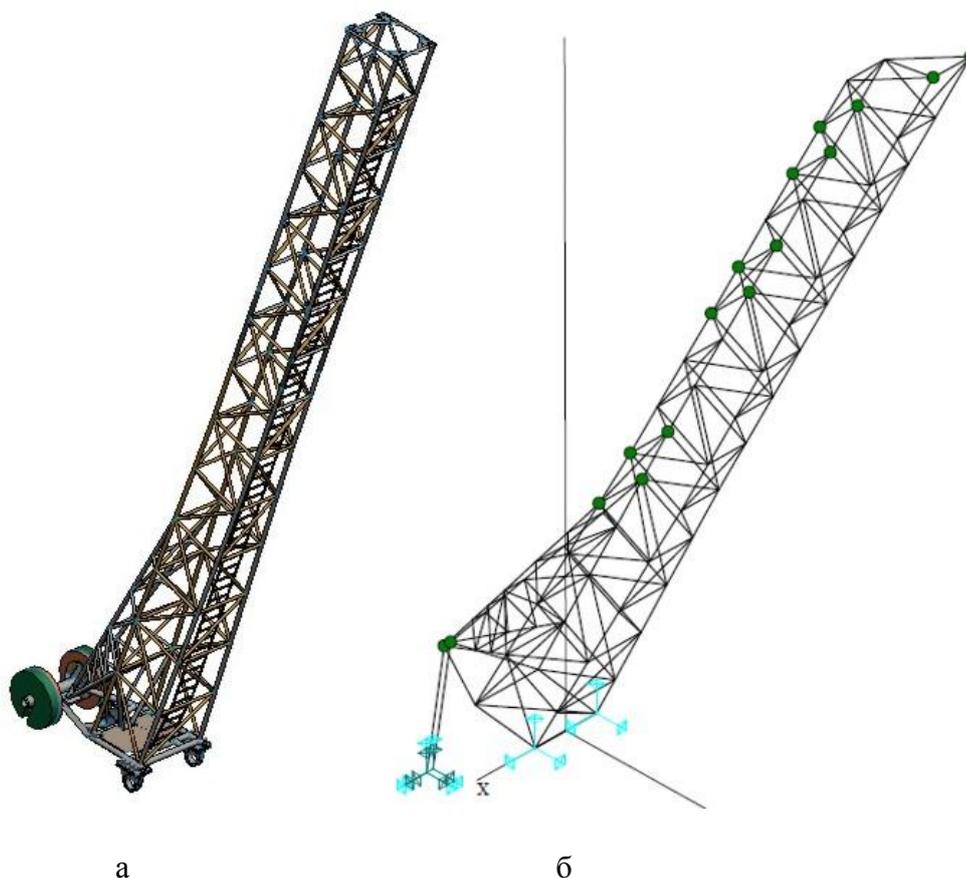


Рис.5 – Поворотная часть мачты САС: а – конструктивная схема, б – конечно-элементная модель

Для торможения поворотной части мачты САС во время отвода предполагается использовать гидробуферы веретенного типа. Схема гидробуфера представлена на рис.6. Шток (веретено) с поршнем перемещается внутри цилиндра, снабженного кольцевой диафрагмой. При движении цилиндра относительно штока жидкость из одной полости через кольцевой зазор в диафрагме перетекает в другую полость гидробуфера. Так как шток имеет переменное по длине сечение, то площадь кольцевого зазора в диафрагме тоже величина переменная, зависящая от хода штока. Сила сопротивления гидробуфера зависит от площади кольцевого зазора. Сила в гидробуфере не должна превышать допустимых значений, кроме того, необходимо стремиться к тому, чтобы ее величина на всем временном отрезке была приблизительно постоянной. Для подбора характера изменения сечения штока гидробуфера в зависимости от его хода на основе методики, изложенной в [2], была создана программа в среде MathCad для расчета кинематики отвода поворотной части мачты САС. На рис.7 приведены примеры результатов расчета. На основе полученных данных можно подобрать закон изменения диаметра штока в зависимости от его хода. Кроме того, полученные кинематические параметры отвода поворотной части мачты САС использовались для вычисления инерционных нагрузок для прочностного и жесткостного расчета.

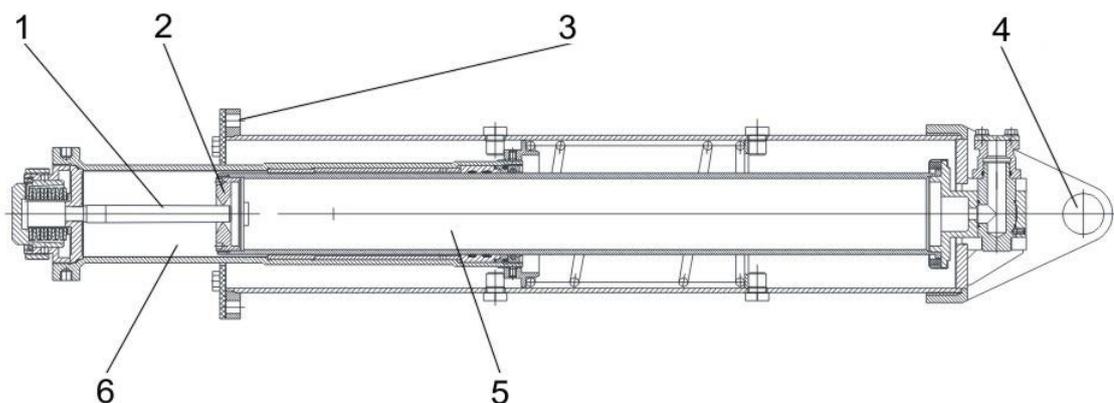


Рис.6 – Конструктивная схема гидробуфера: 1 – шток (веретено); 2 – диафрагма; 3 – верхней узел крепления; 4 – нижний узел крепления; 5 – внутренняя полость; 6 – рабочая полость

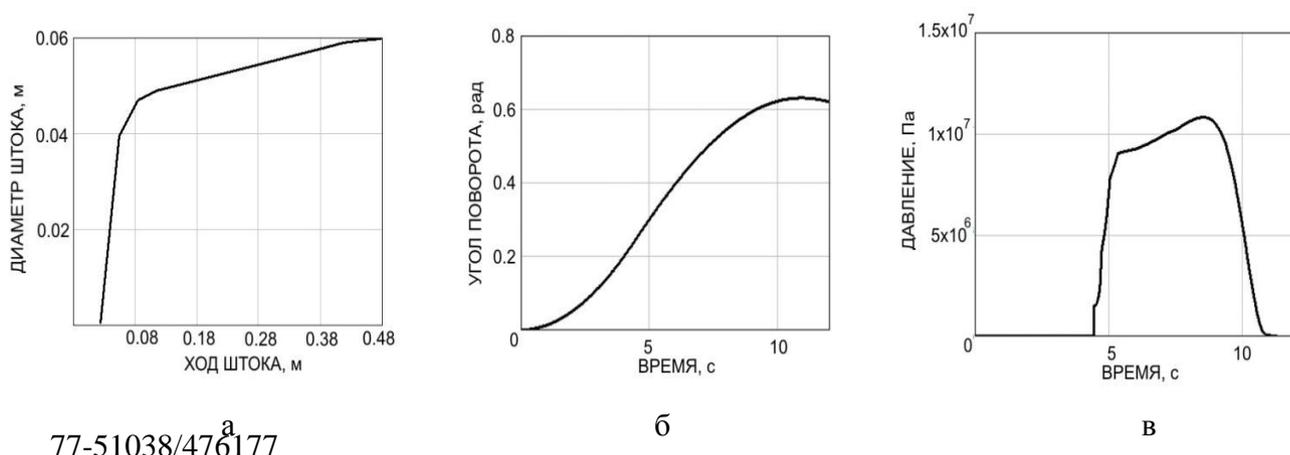


Рис.7 – Результаты расчета: а – профиль штока (веретена) гидробуфера; б – зависимость угла отвода поворотной части мачты от времени; в – зависимость

Для выбора серводвигателя привода галереи САС была создана программа в среде MathCad для расчета параметров выдвигания внутренней части галереи эвакуации экипажа в зависимости от параметров выбранного двигателя. Примеры результатов расчета приведены на рис.8. Серводвигатель выбирался на основе соответствия полученных результатов требованиям, предъявляемым к параметрам движения внутренней части галереи САС.

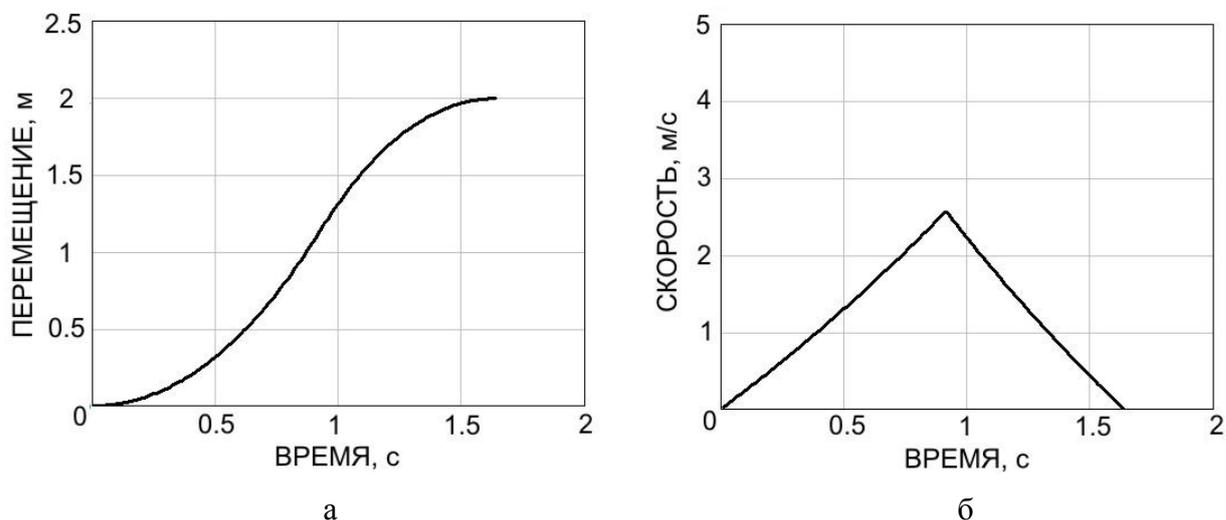


Рис.8 – Результаты расчета: а – зависимость перемещения подвижной части галереи САС от времени; б – зависимость скорости перемещения галереи САС от времени

К основным результатам работы представленной в этой статье можно отнести следующее: разработана принципиальная конструктивная схема САС, проработаны следующие основные конструктивные узлы САС - поворотная часть мачты, телескопическая галерея эвакуации экипажа КА, крепления склиза, гидробуфер торможения поворотной части мачты САС и привод выдвигания внутренней части галереи эвакуации экипажа. На основе проведенных расчетов были определены сечения несущих элементов поворотной части мачты САС, определены параметры гидробуфера торможения и выбран двигатель привода выдвигания внутренней части телескопической галереи эвакуации экипажа.

Добавление представляемой САС в инфраструктуру агрегатов стартового комплекса для РН семейства «Союз» в ГКЦ позволит увеличить как возможности самого стартового комплекса, так и эффективность использования РН семейства «Союз».

Список литературы

1. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. - М.: Мир, 1975. 318 с.
2. Зверев В.А., Украинский А.Ю. Исследование динамики отвода конструкций стартового оборудования ракеты-носителя «Союз» при использовании различных вариантов гидробуферов торможения. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение». – 2010. – Спец. выпуск. – С. 61-66.