КОЛЛЕДЖ КОСМИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

И ТЕХНОЛОГИЙ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ**

**ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

МДК.01.01. Конструкция и конструкторская документация летательных аппаратов (узлов, агрегатов, оборудования, систем)

Специальность 160108 «Производство летательных аппаратов»

2013

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

**«Изучение компоновки и членения корпуса КЛА на отдельные сборочные единицы»**

**Цель работы**: ознакомиться с компоновкой и членением космического летательного аппарата на отдельные отсеки, эскизирование общей компоновки КЛА, анализ конструктивно-силовой схемы корпуса.

**Порядок выполнения работы.**

1. Ознакомиться с компоновкой и членением КЛА.
2. Начертить эскиз внешней компоновки корпуса КЛА.
3. Написать назначение и конструктивные особенности основных отсеков КЛА.

**Контрольные вопросы.**

1. Изучить изделия лаборатории и назвать основные отсеки КЛА и их назначение.
2. Для чего необходимо членение конструкции КЛА на отдельные сборочные единицы (отсеки, агрегаты)?
3. Чем отличаются друг от друга конструктивные, технологические и эксплуатационные разъемы?
4. Перечислить способы соединения отсеков и отдельных сборочных единиц.

**Краткие теоретические сведения**

 Пилотируемый космический летательный аппарат предназначен для решения широкого круга задач при полете в космическом пространстве. КЛА состоит из следующих основных отсеков: орбитального отсека (ОО) со стыковочным агрегатом; возвращаемого аппарата (ВА); приборно-агрегатного отсека (ПАО) с солнечными батареями; стыковочного агрегата; блока ориентации. Основные характеристики:

- стартовая масса 6800 кг,

- максимальная длина 7,48 м,

- максимальный диаметр 2,2 м,

- диаметр жилых отсеков 2,2 м,

- размах солнечных батарей 8,37 м.

 Орбитальный отсек – предназначен для работы и отдыха экипажа на орбите. Внутренний объем (6,5 куб.м.) используется для размещения радиотехнической аппаратуры управления и связи, переносной телекамеры, кино- и фотоаппаратуры, научных приборов, агрегатов системы обеспечения жизнедеятельности.

 Конструктивно ОО выполнен из двух оболочек – полусфер, соединенных цилиндрической вставкой. На верхней полусфере отсека имеется стыковочный шпангоут, к которому крепится отсек с двигателями ориентации комплекса (ДОК). На оболочку ДОК установлен агрегат стыковки. В нижней части отсека имеется боковой посадочный люк и центральный люк, соединяющий ОО с ВА. По правому борту ОО расположен «диван», на котором члены экипажа отдыхают, привязываясь специальными поясами. Внутри дивана размещена установка для регенерации и очистки атмосферы, приборы системы ориентации и управления полетом. По левому борту расположен «сервант», в котором размещены: емкость с питьевой водой, контейнер с пищей, бортовая аптечка, средства личной гигиены. В «серванте» размещены система радиопереговорочной связи и аппаратура радиотехнической системы сближения КЛА. К «серванту» крепится откидной столик. Орбитальный отсек имеет два обзорных иллюминатора. Внутри ОО имеется пол с элементами фиксации космонавтов в полете. В средней части пола находится защитная решетка, прикрывающая перекидной люк-лаз между ОО и ВА. В ОО экипаж находится только на орбите, при возвращении на Землю ОО и ПАО, отделяются и при входе в плотные слои атмосферы сгорают. Снаружи ОО устанавливаются антенны систем радиосвязи, стыковочные мишени. Масса ОО приблизительно 1300 кг.

 Возвращаемый аппарат – предназначен для размещения экипажа при выведении КК на орбиту, при маневрировании корабля на орбите, при стыковках и расстыковках и при спуске на Землю. В этих случаях экипаж, одетый в скафандры, находится в кабине ВА и размещается в специальных креслах с амортизаторами. В ВА размещены два или три кресла с амортизаторами, приборная доска, два командно-сигнальных устройства (КСУ), предназначенных для управления различными системами корабля. Для ручного управления на кресле имеются две ручки: левая – для угловой ориентации, правая – для управления вектором скорости при маневрировании.

 Корпус ВА имеет сегментально-коническую форму, которая обеспечивает при полете в атмосфере необходимые аэродинамические силы. Подъемная аэродинамическая сила регулируется за счет изменения угла атаки при развороте КК вокруг продольной оси (по крену). На корпусе ВА имеется два иллюминатора с жаропрочными стеклами, оптический визир-ориентатор. В верхней части ВА расположены один или два контейнера с парашютными системами, силовой стыковочный шпангоут с люком-лазом и крышкой. В нижней части ВА расположены контейнера для топливной системы реактивных двигателей управления спуском и посадкой. Корпус ВА снаружи покрыт тепловой защитой, а сферическая часть защищена теплозащитным экраном. На сферическом днище установлены твердотопливные двигатели мягкой посадки. Масса ВА приблизительно 2800 кг.

 Приборно-агрегатный отсек – предназначен для размещения бортовой аппаратуры и двигательных установок КК, обеспечивающих орбитальный и космический полет. ПАО конструктивно состоит из переходной, приборной и агрегатной секций. В переходной секции, выполненной в виде отсека клепаной конструкции и соединяющей ВА с приборной секцией, установлены двигатели причаливания и ориентации КА.

 Приборная секция представляет собой герметичный цилиндр, в котором находится радиосвязная и радиотелеметрическая аппаратура, приборы системы ориентации и управления движением, агрегаты системы терморегулирования и электропитания.

 В агрегатной секции размещена основная двигательная установка КК, которая используется для маневрирования на орбите и торможения при спуске, топливные баки и система подачи двухкомпонентного топлива. Снаружи агрегатной секции расположены радиатор-излучатель системы терморегулирования и створки.

Источником обеспечения корабля электроэнергией служат солнечные батареи и аккумуляторы.

На ПАО установлены антенны радиопереговорной линии и радиотелеметрической системы.

Масса ПАО 2700 кг.

Все отсеки КК закрыты экранно-вакуумной теплоизоляцией. При выведении на орбиту, в плотных слоях атмосферы КК закрыт сбрасываемым головным обтекателем, оснащенным системой аварийного спасения (САС) с двигательной установкой на твердом топливе.

Стыковочный агрегат – предназначен для жесткого механического соединения КК с лунной посадочной ступенью. Он выполняет следующие функции: первичная сцепка, выравнивание и стягивание, жесткое соединение конструкции кораблей, поглощение энергии соударения кораблей, расстыковка и разделение.

Блок ориентации КК (ДОК - двигатели ориентации комплекса) – расположен в верхней части корабля и соединен с орбитальным отсеком. В этом блоке установлены двигатели причаливания и ориентации, топливные баки и система подачи компонентов топлива.

Ориентация, т.е. изменение углового положения КК по тангажу и крену осуществляется при помощи реактивных двигателей малой тяги, установленных на блоке ориентации КК.

Соединение стыковочного агрегата с блоком ориентации комплекса осуществляется при помощи 24 шпилек, расположенных равномерно по окружности. Соединение стыка

блока ориентации с орбитальным отсеком осуществляется при помощи шпилек, также равномерно расположенных по окружности. Шпильки изготовлены из титанового сплава ВТ-14. Соединение орбитального отсека с ВА осуществляется при помощи 6 разрывных болтов, крепящих ОО с ВА через кронштейн и 6 разрывных болтов, крепящих ВА и ОО через шпангоут. Соединение ВА с ПАО осуществляется при помощи 6 разрывных болтов и 3 толкателей. Разрывные болты расположены равномерно по окружности шпангоута, крепят ВА и ПАО и обеспечивают нераскрытие стыка при действии нагрузок. Стык ПАО с энергетическим осуществляется при помощи 74 болтов М8, изготовленных из титанового сплава ВТ-14.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

**«Изучение конструкции каркасированного отсека»**

**Цель работы:** ознакомиться с конструкцией переходного отсека клепаной конструкции, измерить некоторые геометрические параметры, составить конструктивно-силовую схему отсека.

**Порядок выполнения работы.**

1. Ознакомиться с конструкцией отсека.
2. Начертить конструктивно-силовую схему отсека.
3. Измерить заданные размеры отсека (диаметр отсека, расстояние между стрингерами, расстояние между заклепками).

**Контрольные вопросы.**

1. Перечислить конструктивно-силовые схемы каркасированных отсеков.
2. Назвать основные силовые элементы данного отсека и их назначение.
3. Назвать способы соединения основных силовых элементов.
4. Какие нагрузки воспринимают обшивка, стрингеры, шпангоуты?

**Краткие теоретические сведения**

К сухим отсекам относятся: переходные, некоторые приборные, межбаковые, хвостовые отсеки, обтекатели, корпуса изделий с подвесными баками. Конструкция и форма сухих отсеков зависит от назначения, общей компоновки изделия, величин действующих нагрузок.

Конструктивно-силовые схемы отсеков:

1. Гладкие отсеки – основные силовые элементы: оболочка и стыковочные шпангоуты. Несущая способность такой конструкции определяется ее устойчивостью. Применяются гладкие оболочки для сухих отсеков небольшого диаметра или коротких переходных отсеков.

2. Стрингерные отсеки – тонкостенные подкрепленные оболочки, в которых обшивка не теряет устойчивости до потери устойчивости стрингерами. Основные силовые элементы отсека: тонкостенная обшивка, стрингеры, шпангоуты.

 В сухих отсеках часто делают вырезы для устройства люков. В таких случаях вырезы подкрепляются окантовками, накладками, а по краям пропускают лонжерона и шпангоуты. Дополнительными силовыми элементами являются фитинги. Они служат для местного усиления конструкции в местах передачи сосредоточенных усилий от одного отсека к другому. Обычно через фитинги осуществляется распределение сосредоточенной силы на стрингеры и обшивку.

 В конструкции отсеков имеются силовые элементы вспомогательного назначения: различные кронштейны и детали для местного усиления конструкции. Связь обшивки с элементами каркаса производится точечной сваркой или заклепками.

3. Лонжеронные отсеки – конструкция, в которой допускается потеря устойчивости обшивки раньше потери устойчивости продольных силовых элементов.

4. Вариантами подкрепленной конструкции являются отсеки панельной и вафельной конструкции. В этом случае частые подкрепления позволяют избежать потери устойчивости при больших сжимающих нагрузках.

5. Требования аэроупругости для корпусов большой длины вынуждают применять многослойные обшивки. Применение многослойных обшивок позволяет повысить как местную, так и общую жесткость конструкции. Многослойные обшивки подкрепляются лонжеронами и шпангоутами. Такая конструкция может воспринимать большие сжимающие усилия.

Переходной отсек

 Переходные отсеки служат для соединения в одно целое различных частей КЛА. Рассматриваемый переходной отсек клепаной конструкции предназначен для соединения ВА с ПАО. На переднем шпангоуте устанавливаются опоры с отверстиями под направляющие штыри ВА и под установку разрывных болтов, соединяющих ВА с переходным отсеком. В местах установки разрывных болтов приклепываются стыковочные фитинги.

 На торцевой полке заднего шпангоута имеются отверстия для направляющих штырей и болтов крепления переходного отсека к корпусу ПАО. В обшивке переходного отсека предусмотрены вырезы для установки шар-баллонов и двигателей ориентации. Обшивка и каркас соединяются между собой заклепками из алюминиевого сплава.

 Элементы конструкции, которые служат для восприятия действующих на отсек нагрузок, образуют основную силовую схему.

 Переходной отсек выполнен как клепаная конструкция (D1 = 1950 мм, D2 = 2130 мм, L = 595 мм, угол полураствора конуса γ = 10,5º).

 Обшивка отсека толщиной 1 мм из сплава Д16АТ подкреплена продольным и поперечным силовым набором.

 В обшивке отсека имеются четыре выреза диаметром 320 мм по плоскостям стабилизации I, II, III, IV под двигатели ориентации и подкрепленный участок оболочки под установку шар-баллона. Верхний и нижний стыковочные шпангоуты выполнены из магниевого сплава МА2-1. На верхнем стыковочном шпангоуте расположено шесть опор, к которым шестью пироболтами крепится ВА. Нижний стыковочный шпангоут крепится к приборному отсеку 108-ю болтами М10 из титанового сплава ВТ14.

 Продольный силовой набор состоит из 12-ти лонжеронов (по два на каждую опору), попарно склепанных профилей Пр102-11, шести стрингеров Пр102-11 и 18 стрингеров Пр102-3. Весь продольный силовой набор выполнен из магниевого сплава МА2-1.

 Обшивка переходного конического отсека изготовлена из алюминиевого сплава Д16АТ. Материал заклепок – алюминиевый сплав АМг5-П.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

**«Изучение конструкции герметичного отсека»**

**Цель работы**: ознакомиться с конструкцией герметичного отсека, составить конструктивно-силовую схему отсека.

**Порядок выполнения работы.**

1. Ознакомиться с конструкцией отсека.
2. Начертить конструктивно-силовую схему отсека.
3. Выполнить эскизы сечений основных контуров герметичности.

**Контрольные вопросы.**

1. Перечислить конструктивно-силовые схемы герметичных отсеков.
2. Назвать основные силовые элементы отсека и их назначение.
3. Что такое контур герметичности?
4. Преимущества и недостатки магниевых сплавов при изготовлении герметичных корпусов.

Орбитальный отсек

 Орбитальный отсек представляет собой герметичную оболочку, составленную из двух полусфер, соединенных конической обечайкой. Обечайка выполнена из магниевого сплава МА2-1 или алюминиевого сплава АМг-6, имеет переменную по длине отсека толщину и усилена стрингерами и шпангоутами. К торцевым шпангоутам корпуса крепятся треугольные рамы, воспринимающие нагрузки от опор системы аварийного спасения (САС).

 Большое значение при изготовлении ОО уделяется выбору материала, методу обработки (т.к. допускается сравнительно малое утонение стенок), а также качеству выполнения сварного шва.

 В ОО оборудованы места для работы космонавтов, отдыха, приема пищи и т.д.; размещены научная аппаратура, состав которой может меняться в зависимости от конкретных задач того или иного полета, а также установки для регенерации и очистки атмосферы, аппаратура управления, связи и т.д.

 ОО служит также шлюзовой камерой для выхода в открытое космическое пространство. На этот случай космонавты в орбитальном отсеке надевают скафандры, закрывают герметичный люк-лаз, ведущий в ВА, и через шлюзовую камеру выходят в открытый космос.

 В ОО находится боковой входной люк-лаз, иллюминаторы, нижний люк для перехода в ВА.

 ОО используется только на орбите и поэтому не нуждается в особой тепловой защите, жаропрочных иллюминаторах. При спуске на Землю этот отсек, как и ПАО, отделяется от ВА и сгорает в плотных слоях атмосферы.

 Внутри ОО отделан мягким декоративным материалом. По внутренней поверхности борта идут поручни, которые помогают космонавтам перемещаться в условиях невесомости. По правому борту находится диван, на котором, закрепляясь специальными поясами, отдыхают космонавты. Внутри дивана размещена установка для регенерации и очистки атмосферы (она является основной для обоих жилых отсеков – ВА и ОО, объем которых около 10 куб.м). Она обеспечивает необходимый газовый состав и давление атмосферы во время нахождения корабля на орбите. В диване находятся также отдельные приборы системы ориентации и управления движением и ультракоротковолновый передатчик. По левому от входного люка борту орбитального отсека в специальном серванте расположены контейнер с пищей, емкость с питьевой водой, бортовая аптечка, спальные мешки, средства личной гигиены. К серванту прикреплен откидной столик, под сервантом установлен блок

управления системой стыковки. В ОО находятся также устройство для подогрева пищи, контейнеры с приборами, телекамеры, кинокамера, светильник рабочего и телевизионного освещения.

Силовая конструкция орбитального отсека

 ОО состоит из корпуса, внутри и снаружи которого смонтированы различные системы, приборы с датчиками и бортовая кабельная сеть. Снаружи корпуса установлены механизмы с антеннами, крышка верхняя, крышка входного люка. Конструкция корпуса представляет собой сварную тонкостенную сферическую оболочку с конической вставкой, воспринимающую внешние, внутренние нагрузки и внутреннее избыточное давление. В оболочку вварены фланцы. Фланец 1 предназначен для крепления люка-лаза, фланец 2 предназначен для установки иллюминатора. К оболочке приварены ряд фланцев и кронштейнов для крепления аппаратуры, антенн, кабельной сети. К нижней полусфере корпуса и к конической вставке приварены три шпангоута, предназначенные для крепления каркасов и панелей левого и правого борта, пола, сиденья, приборов. Шпангоуты и кронштейны позволяют равномерно распределить нагрузку на тонкостенную оболочку от сосредоточенных масс, закрепленных внутри орбитального отсека.

 Внутри оболочка корпуса покрыта декоративной отделкой 6, которая предназначена для создания бытовых удобств, для крепления некоторых переносных приборов. Декоративная отделка изготовлена из синтетического материала. Ворс этого материала является петельчатой частью. Все, что крепится к декоративной отделке, имеет крючковую часть, т.е. для крепления используется принцип тканно-ворсовой застежки.

 Для обзора внешнего пространства на оболочке корпуса имеется фланец иллюминатора, на котором герметично, через резиновую прокладку, крепится иллюминатор. Изнутри отсека иллюминатор закрывается заслонками.

 Пол предназначен для создания опорной базы операторам и обеспечивает возможность фиксации их в определенных местах ОО. Пол не является силовой конструкцией. Пол состоит из панелей 1 и 2, кожуха 3, фиксаторов 4. Панели 1 и 2 изготовлены из листового магниевого сплава. На них установлены фланцы с винтами для крепления фиксаторов 4.

 Крышка посадочного люка-лаза предназначена для герметичного закрытия люка в отсеке после посадки операторов и окончания работ внутри изделия на стартовой позиции. Люк является также выходом в открытый космос. Крышка посадочного люка (рис.7) состоит из крышки 1, рамы 2, прижима 3, уплотняющей прокладки 4. Крышка 1 представляет собой сварную конструкцию, на внешней поверхности которой расположена ручка 5 для открытия люка. С внутренней стороны к проушинам крышки через кольцо 6 крепится рама 2. На раме 2 устанавливаются ролики для поджатия прокладки 4. Прижимом 3 производится поджатие крышкой прокладки 4, представляющей собой профилированное кольцо из резины.

 Крышка верхняя ОО служит для герметичного закрытия отсека. Крепится шпильками к корпусу орбитального блока. Антенна предназначена для обеспечения радиосвязи. Конструктивно антенна выполнена из механизма раскрытия антенны и собственно антенны – вибратора с антенным трактом. Вибратор антенны выполнен в виде прямого штыря. Механизм раскрытия, после отделения объекта от РН, переводит антенну из сложенного положения в рабочее и стопорит ее. На корпус ОО устанавливаются три таких антенны. Иллюминаторы крепятся герметично через резиновую прокладку к фланцам. Снаружи и изнутри имеются заслонки, закрывающие иллюминаторы во время транспортировки. На ОО устанавливаются иллюминаторы различного вида и назначения.

Материалы, применяемые в конструкции ОО

 Материалы, из которых изготавливается корпус отсека, должны отвечать следующим требованиям:

1. Материал должен иметь хорошую технологичность, т.е. хорошо поддаваться механической обработке, обработке давлением, сварке.

2. Материал должен обладать хорошими антикоррозионными свойствами.

3. Материал должен обеспечивать необходимую прочность и минимальный вес конструкции.

 Материал корпуса ОО выбирается из условий обеспечения нормальных температурных режимов в кабине отсека и из условия прочности. На основе теоретических расчетов и практического опыта оболочка корпуса ОО выполняется из свариваемых магниевых (МА2-1-М), алюминиевых (АМг-6) или титановых сплавов. Силовая рама нижней полусферы состоит из трех балок, трех опор и трех кронштейнов, закрепленных на шпангоуте; выполнена из титанового сплава ВТ-14.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

**«Изучение конструкции корпуса СА»**

**Цель работы**: ознакомиться с конструкцией корпуса СА, составить конструктивно-силовую схему корпуса.

**Порядок выполнения работы.**

1. Ознакомиться с конструкцией корпуса СА.
2. Начертить конструктивно-силовую схему отсека.
3. Написать конструктивные особенности корпуса СА.

**Контрольные вопросы.**

1. Какая конструктивно-силовая схема используется для данного СА?
2. Перечислить основные части корпуса СА и их назначение.
3. Назвать основные силовые элементы корпуса СА.

**Краткие теоретические сведения**

Назначение и состав СА.

 Спускаемый аппарат предназначен для успешного возвращения людей, для спасения их в случае аварии, для размещения экипажа на участке выведения КК на орбиту, при маневрировании и стыковках. Он является основным рабочим и жилым отсеком орбитального космического корабля. Рабочим местом экипажа являются кресла. Они же являются средством, обеспечивающим снижение перегрузок при выведении на орбиту и при возвращении на Землю. В СА расположен парашютный контейнер. Парашюты гасят скорость при приземлении. В СА размещены аппаратура и оборудование, необходимые для обеспечения жизнедеятельности экипажа при выполнении программы полета. Установлена аппаратура для научно-технических исследований, аппаратура связи СА с Землей и с бытовым отсеком, аппаратура контроля параметров СА и самочувствия экипажа. Имеется пульт управления, с помощью которого космонавты сами управляют аппаратом при приземлении. СА соединяется с бытовым отсеком, куда экипаж может перемещаться через люк-лаз.

 Спуск СА с орбиты и приземление происходит в следующем порядке:

1) разворот на орбите, стабилизация и ориентированный полет;

2) выключение тормозной двигательной установки;

3) разделение отсеков КК

4) управляемый спуск в атмосфере;

5) отстрел парашютной крышки и раскрытие тормозного парашюта;

6) отстрел тормозного парашюта и раскрытие вытяжного и основного парашюта;

7) отделение лобового щита;

8) включение двигателей мягкой посадки и приземление.

 В состав СА входят:

1) корпус СА;

2) теплозащитное покрытие;

3) экранно-вакуумная теплоизоляция;

4) парашютная система и ДМП;

5) система реактивных управляющих двигателей малой тяги;

6) радиотехнический комплекс с антеннами;

7) система ориентации и управления движением;

8) система электропитания;

9) система управления бортовым комплексом;

10) система обеспечения жизнедеятельности.

2

 Форма СА – сегментально-коническое тело. При несимметричном обекании СА появляется подъемная сила Y1. Угол атаки, а следовательно, и величина подъемной силы, зависят от положения центра масс и угла крена. При γ=0º - Y1 = max; при γ=90º - Y1 = 0. СА по крену управляется при помощи реактивной системы управления. Изменяя величину подъемной силы, можно управлять дальностью спуска и совершать посадку в заданном районе.

 Форма СА является одной из важных характеристик аппарата. Она должна обеспечивать статическую и динамическую устойчивость, необходимые аэродинамические характеристики. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяет аппарат сегментально-конической формы. Основные преимущества этой формы:

1. Высокий коэффициент аэродинамического сопротивления.

2. Наличие аэродинамического качества при несимметричном обтекании формы.

3. Хорошая устойчивость на воде.

 Основные требования, предъявляемые к СА:

1. Аппарат должен быть статически устойчивым на основном учатске спуска.

2. Скорость аппарата на подходе к Земле (Н=7-10 км) должна иметь значение приблизительно равное 200 м/сек, что обеспечивает нормальное срабатывание системы приземления.

3. Несущие обводы СА должны обеспечить создание потребного аэродинамического качества без использования дополнительных устройств (щитков, плоскостей).

4. К поверхности СА за время полета на участке спуска должно поступать минимальное количество тепла, что снижает вес теплоизоляции (теплозащиты).

5. Форма днища должна обеспечить необходимый объем, хорошее размещение экипажа, оборудования и приборов.

 Основные геометрические параметры выбранной формы СА:

θс  - угол сегмента θк - угол полураствора конуса

Dм - диаметр миделя λ = L/Dм - удлинение аппарата

 Угол сегмента выбирается из условия обеспечения статической устойчивости, прочности оболочки и удобства компоновки. Чем больше угол сегмента, тем хуже центровка и меньше прочность оболочки днища, но с увеличением угла сегмента уменьшается вес теплозащиты. Поэтому считают оптимальным угол сегмента 40-65º. В результате аэродинамических исследований и конструкторских доработок угол полураствора конуса был выбран равным 7º30'. Удлинение выбирается из соображения удобства компоновки. С точки зрения увеличения статической устойчивости и демпфирования желательно взять λ как можно больше, но это приведет к увеличению объема и веса СА. Оптимальное значение λ=0,9-1,6.

 Так как спуск на Землю должен проходить по определенной траектории и протекать в различных условиях, то можно выбрать несколько способов спуска, которые имеют свои особенности и недостатки.

 Наиболее целесообразным спуском для данного аппарата является скользящий спуск. Он сочетает в себе особенности баллистического и планирующего спусков, снижает перегрузки до минимальных значений.

 Температура на лобовой поверхности аппарата скользящего спуска на 200-300º ниже, чем у аппаратов с баллистическим спуском. На аппаратах со скользящим спуском возможен маневр по крену, рысканию, тангажу, что позволяет точно приземлить аппарат в заданном районе.

КОНСТРУКЦИЯ КОРПУСА СА

 Корпус СА состоит из следующих основных частей:

1. Лобовой щит – съемное теплозащитное покрытие, которое отстреливается после раскрытия основного парашюта.
2. Двигатели мягкой посадки (ДМП), которые включаются непосредственно перед приземлением и уменьшают скорость приземления, а, следовательно, и перегрузки при контакте с Землей.
3. Пневмогидроагрегат (ПГА) – топливная система для питания компонентами топлива реактивных двигателей малой тяги системы управления спуском.
4. Корпус СА с теплозащитой.
5. Крышка парашютного контейнера.
6. Щиток аэродинамический.
7. Крышка люка-лаза.
8. Двигатель, управляющий СА по рысканию.
9. Блок двигателей, управляющих СА по тангажу.
10. Иллюминатор.
11. Оптический визир ориентатор.
12. Отрывная гермоплата – через гермоплату производится подсоединение гидравлических, пневматических коммуникаций и электрических кабелей.
13. Двигатель, управляющий СА по крену.
14. Антенна.
15. Контейнер основной парашютной системы.
16. Контейнер запасной парашютной системы.

КОРПУС СА

 Корпус СА представляет собой оболочку (1), подкрепленную продольным силовым набором – три лонжерона (4) и поперечным силовым набором – шпангоутами. К стыковочному шпангоуту (24) крепится днище (19). К стыковочному шпангоуту корпуса СА (23) крепится титановый шпангоут (2) и крышка люка-лаза. Корпус СА имеет много вырезов с фланцами для установки узлов и агрегатов различных систем.

1. Оболочка корпуса.
2. Шпангоут для соединения с орбитальным отсеком.
3. Фланец для установки антенны.
4. Лонжерон – в конструкции СА применена трехлонжеронная силовая схема.
5. Фланцы для установки двигателей управления по рысканию (2 двигателя – 2 фланца).
6. Фланец для установки двигателей управления по тангажу.
7. Иллюминаторы – 2 шт.
8. Фланцы для установки двигателей управления по крену – 2 шт.
9. Фланец для установки гермоплат.
10. Фланец для установки БРД.
11. Фланец для установки ББР.
12. Фланец для слива воды.
13. Фланец для установки ББР.
14. Фланец для установки оптического визира ВСК-3.
15. Фланец для установки заправочных клапанов.
16. Фланец для установки контейнера ЗСП.
17. Фланцы для установки температурных датчиков.
18. Фланец для установки контейнера ОСП.
19. Днище СА.
20. Фланец для установки клапана забора воды.
21. Фланцы для установки двигателей мягкой посадки – 4 шт.
22. Фланцы для установки антенн – 3 шт.
23. Стыковочный шпангоут корпуса.
24. Стыковочный шпангоут корпуса с днищем.
25. Нормальный шпангоут.
26. Нормальный шпангоут.

4

1. Стекловата.
2. Теплоизоляционный материал.
3. Силовая теплозащитная оболочка из асботекстолита (стеклотекстолита).
4. Слой низкотемпературного сублиматора (фторлон).

Корпус СА снаружи покрыт тепловой защитой, а внутри теплоизоляцией (полиуретан) и декоративной обшивкой. Конструкция корпуса представляет собой герметичный отсек сегментально-конической формы, предназначенной для размещения экипажа и оборудования. Конструкция корпуса состоит из: корпуса колокола, титанового шпангоута, парашютного контейнера, основной и запасной крышек парашютного контейнера, крышки пневмоагрегата и днища. Титановый шпангоут крепится к корпусу колокола при помощи болтов и гаек. Для герметичности на стык титанового шпангоута и корпуса колокола установлены резиновые прокладки. Контейнер ПС закреплен на переходнике корпуса колокола при помощи шпилек и гаек. Днище крепится к корпусу колокола также при помощи шпилек и гаек. Для обеспечения герметичности на стыке корпуса колокола и днища установлена резиновая прокладка. Крышки ПГА закрывают контейнер с наружной стороны. Для обеспечения плавных обводов при выходе парашютных систем из контейнеров установлены обтекатели. Крышка парашютного контейнера крепится к переходнику корпуса колокола пирозамками. Крышка ПГА закрывает контейнеры ПГА с наружной стороны корпуса и крепится винтами. На верхнем шпангоуте установлена крышка люка-лаза, которая обеспечивает герметизацию корпуса по люку-лазу.

Корпус колокола представляет собой сварную конструкцию, выполненную из алюминиевого сплава АМг6 и состоящую из сферической оболочки, конической оболочки и небольшого цилиндрического участка.

С внутренней стороны оболочка подкреплена продольно-поперечным силовым набором, состоящим из верхнего шпангоута, к которому крепится титановый шпангоут; нижнего шпангоута, к которому крепится днище; промежуточных шпангоутов и продольного силового набора, включающего в себя силовые лонжероны и стрингеры для подкрепления вырезов под фланцы двигателей тангажа и ВСК (оптический визир).

В сферической части корпуса вварен переходник под установку и крепление парашютного контейнера, а также крышки контейнера.

В нижней части корпуса вварены контейнера ПГА, предназначенные для размещения баллонов и систем подачи топлива. Контейнеры ПГА состоят из штампованных коробов прямоугольной формы со сферическим дном.

Днище служит для создания гермоконтура и размещения в нем приборов. Днище представляет собой конструкцию из алюминиевого сплава, состоящую из шпангоута, оболочки, стрингерного набора и рамы. Оболочка герметична, сварной конструкции. С внутренней стороны оболочки установлен стрингерный набор, который приварен к оболочке точечной сваркой. Рама служит для установки и крепления основной части приборов. Конструкция днища при посадке на любой грунт обеспечивает снижение перегрузок, действующих на экипаж, за счет деформации конструкции днища.

Теплозащитное покрытие предназначено для защиты корпуса от воздействия тепловых потоков и обеспечения аэродинамического обвода. ТЗП состоит из: ТЗП колокола корпуса, ТЗП днища и ТЗП крышки. ТЗП колокола представляет собой пакет, состоящий из теплоизоляционного материала, устанавливаемого непосредственно на металлическую оболочку корпуса; силовой оболочки из стеклопластика и сублимирующего покрытия, устанавливаемого на наружную поверхность оболочки. Все материалы устанавливаются на теплостойком клее. ТЗП крышки ПС по составу и использованию аналогично ТЗП колокола. ТЗП днища выполнено в виде сферической оболочки из стеклопластика. Для передачи нагрузок, действующих на покрытие днища, в зазоре между покрытием и днищем корпуса установлены опорные бобышки. В момент приземления покрытие отделяется.

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В КОНСТРУКЦИИ СА

 Материал корпуса СА выбирается из условия обеспечения нормальных температурных режимов в кабине СА и из условия прочности. В результате проведенных исследований для изготовления корпуса СА были взяты титан и сплав АМг6 (Мг – 6%, остальное А*l*). Хотя температура плавления титана выше, чем у АМг6, большая часть СА выполнена из АМг6 с применением теплозащитных материалов. Применение АМг6 позволяет намного уменьшить вес конструкции.

 Используемые в СА материалы должны отвечать следующим требованиям:

1. Иметь хорошую технологичность.
2. Обеспечивать необходимую прочность и минимальный вес.
3. Должны обладать хорошими антикоррозионными свойствами.

Исходя из этого, были выбраны следующие материалы для изготовления СА:

* 1. Гермокабина СА (оболочка и силовой набор) выполнены из сплава АМг6.
	2. Элементы конструкции гермокабины, выходящие наружу, незащищенные теплоизоляционными материалами от аэродинамического нагрева при спуске (т.к. тепловые потоки там значительно меньше) выполнены из титана и его сплавов, исходя из его прочности и теплопроводности.
	3. Для силовых узлов применены различные марки стали и титана.
	4. Элементы внутренней конструкции (кронштейны, приборные рамы и т.д.) изготовлены из алюминиевых сплавов и стали (шпильки).
	5. Лобовой щит изготавливается из асботекстолита и ТИМ.