Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Амурский государственный университет (ФГБОУ ВО «АмГУ»)

КОМПЛЕКСЫ НАЗЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

Благовещенск 2017 г.

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
факультета инженерно-физического
Амурского государственного университета

Составитель: Насуленко К.А.
КОМПЛЕКСЫ НАЗЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 24.03.01 «Ракетные комплексы и космонавтика». – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017.- 42 с.

Рассмотрен на заседании кафедры Стартовые и технические ракетные комплексы
«25» мая 2017г., протокол № 9.

© Амурский государственный университет, 2017
© Насуленко К. А., составление, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Все многообразие существующих космических аппаратов, средств подготовки, выведения и управления космическими аппаратами, а также технических средств, обеспечивающих их эксплуатацию, обозначается термином «космические средства».

К космическим средствам относятся: космические аппараты, ракеты-носители, сборочно-защитные и разгонные блоки с комплектующими элементами, технологическое оборудование стартовых и технических комплексов, технологическое оборудование хранения, специальные технические системы, системы внешнего электроснабжения, средства измерительных комплексов, средства управления космическими аппаратами, средства посадочных и поисково-спасательных комплексов, все виды ЗИП и специальная часть подвижных агрегатов, входящих в состав космического комплекса, а также учебно-тренировочные средства. Космические средства функционально объединяются в системы и комплексы (КК, РКК, КРН, ККА, КРБ и т. д.), территориально или объектов - в объекты космической инфраструктуры (ТК, СК, КАЗ и пр.). К объектам космической инфраструктуры космодрома относятся также объекты обеспечивающего назначения (объекты систем связи и передачи данных, дорожно-транспортные сети и узлы, склады и базы хранения, объекты энерго-, тепло- и водоснабжения, канализации, пожарное депо, метеостанция, объекты социально-бытового назначения и т. д.).

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Рассматриваемый в настоящем пособии ракетно-космический комплекс включает в себя:

- ракету космического назначения (РН «Союз» + КА «Ресурс-ДК» + СЗБ);
- средства транспортировки;
- технический комплекс;
- стартовый комплекс;
- средства измерительного комплекса космодрома.

Описание технического и стартового комплексов приведено в разделах 2 и 3 соответственно.

1.1. Средства транспортировки

Перевозка современных ракет космического назначения на большие расстояния в собранном виде невозможна ни одним из существующих видов транспорта из-за значительных габаритов (в первую очередь) и массы. Поэтому РКН доставляют на космодром, как правило, по частям, габариты и масса которых позволяют их перевозку (так называемыми транспортабельными элементами).

Такими транспортабельными элементами РКН являются космический аппарат, блоки ракеты-носителя, сборочно-защитный блок, разгонный блок. Отдельно от КА, как правило, транспортируются солнечные батареи, антенны и т. д.

Основным видом транспортирования отечественной ракетно-космической техники, с учетом географического расположения заводов-изготовителей и космодромов запуска и развитой инфраструктуры железных дорог, является железнодорожная транспортировка.

Блоки ракеты-носителя «Союз» доставляются в специальных железнодорожных вагонах, по одному блоку в каждом вагоне.

Специальные вагоны разработаны на базе железнодорожных вагонов общего назначения и представляют собой цельнометаллическую конструкцию с теплоизолированным кузовом для защиты блоков от солнечной радиации и значительных перепадов температуры. Внутри вагона имеется выдвижная рама с опорами-ложементами и стяжками для крепления блоков. Загрузка

(выгрузка) блоков производится кранами на ложементы выдвижной рамы, выкатываемой из вагона на всю длину.

Для исключения возможности повреждения дорогостоящих РН и КА их транспортирование осуществляется, как правило, отдельным локомотивом. При таком виде транспортирования не допускается проведение маневровых работ и переформирований состава в пути следования.

На космодроме к полностью собранному, испытанному и заправленному КА, в составе РКН предъявляют более жесткие требования к транспортным средствам и операциям транспортирования:

-транспортировка должна производиться с малой скоростью, с низкими перегрузками;

-должен обеспечиваться требуемый температурно-влажностный режим. Для транспортировки элементов ракеты космического назначения «Союз» между сооружениями космодрома используют следующие

11

железнодорожные агрегаты:

-агрегат для транспортировки КА, РБ на заправочную станцию;

- агрегат для транспортировки КГЧ с ТК КГЧ на ТК РКН ; -агрегат прикрытия при транспортировке РКН на ТУА с ТК РКН на СК

- агрегат термостатирования.

Железнодорожный агрегат для транспортировки КА, РБ на заправочную станцию представляет собой агрегат кузовного типа, оборудованный выдвижной рамой с опорами и ложементами. Кузов изнутри оклеен теплоизоляцией и занимает половину длины агрегата, выдвижная рама выкатывается из кузова на оставшуюся половину агрегата. Загрузка (выгрузка) КА на опоры выдвижной рамы производится кранами. Агрегат оборудован поддонами для сбора возможных проливов компонентов топлива при заправке КА (РБ) на заправочной станции и системой вентиляции кузова после заправки.

Железнодорожный агрегат для транспортировки КГЧ с ТК КГЧ на ТК РКН представляет собой открытый агрегат платформенного типа с ложементами для укладки и закрепления КГЧ и системой воздуховодов для подвода термостатирующего воздуха к люкам КГЧ.

При транспортировке РКН на ТУА с ТК РКН на СК дополнительно используется железнодорожный агрегат прикрытия, представляющий собой открытый агрегат платформенного типа с системой воздуховодов для подвода термостати рующего воздуха к люкам КГЧ.

Железнодорожный агрегат термостатирования представляет собой смонтированные в двух вагонах холодильно-нагревательную установку и дизель-электростанцию. Агрегат обеспечивает подачу к КА через систему воздуховодов транспортных агрегатов термостати рующего воздуха с требуемой чистотой, температурой и влажностью, автоматический контроль и регистрацию параметров воздуха.

Наряду с железнодорожной транспортировкой для доставки элементов РКН на космодромы могут использоваться воздушный и морской виды транспорта.

Воздушная транспортировка имеет следующие преимущества по сравнению с железнодорожной:

- оперативность доставки РН и КА на космодромы;
- широкие возможности по перевозке крупногабаритной техники, размеры грузовых кабин современных транспортных самолетов значительно превышают допустимые размеры для перевозимых по дорогам МПС грузов;
- низкий уровень фактических механических факторов и малое время их воздействия на конструкцию и аппаратуру изделий;

- возможность межконтинентальной транспортировки.

Для авиационной транспортировки КА, РБ, ГО и блоков РН могут применяться самолеты Ан-124-100, Ил-76, Ан-22, Ан-12. Габариты грузовой кабины самолета Ан-124-100 (36 х 6,6 х 4,4 м) позволяют свободно разместить, например, два блока РН «Союз». Загрузка контейнеров в самолет производится либо собственными погрузочными средствами самолета, либо с помощью специальных автомобильных транспортно-перегрузочных агрегатов.

Морская межконтинентальная доставка КА и РН становится актуальной в последние годы с развитием международной кооперации в области космических программ.

Преимуществами транспортировки по воде являются малые перегрузки, возможность перевозки ступеней ракет больших габаритов и массы, а недостатком - малая скорость передвижения и ограничения по погодным условиям.

1.2. Измерительный комплекс космодрома

Измерительный комплекс космодрома (ИКК) - многофункциональный комплекс специальных средств, предназначенных для решения следующих задач:

- проведения телеметрических измерений в ходе различных проверок РН, РБ и КА на техническом комплексе и РКН на стартовом комплексе при подготовке к пуску;
- проведения телеметрических и траекторных измерений на активном участке полёта РКН;
-привязки измерительной информации к единой шкале времени; -автоматизированного сбора, обработки, отображения и документирования измерительной информации;
- оценки состояния бортовых систем РКН при подготовке ее к пуску и в полёте;
- прогнозирования районов падения ступеней РН;
- определения элементов траектории полёта РКН и факта выхода КА на орбиту;
- полной послеполетной обработки измерительной информации с целью оценки функционирования бортовых систем РН и КА и лётно-технических характеристик РКН.

При подготовке и осуществлении пуска пилотируемых КА измерительный комплекс космодрома дополнительно обеспечивает радио- и телевизионную связь с их экипажами, выдачу в случае необходимости команды на включение системы аварийного спасения КА, телевизионные репортажи о ходе подготовки и проведении пуска РКН.

Выполнение перечисленных задач ИКК производит с помощью специальной аппаратуры, размещённой на измерительных пунктах (ИП). Расположены ИП вдоль трасс запуска РКН. Размещение и число ИП определяется из условий обеспечения непрерывного получения измерительной информации средствами ИКК на протяжении всего активного участка полета РКН вплоть до момента отделения КА. С целью расширения возможностей ИКК, а также в случае окончания активного участка полёта РКН за пределами территории страны запуска, могут привлекаться ИП других космодромов, командно-измерительные пункты из состава наземного автоматизированного комплекса управления (НАКУ), подвижные измерительные средства автомобильного и самолетного базирования, специально оборудованные суда (плавучие ИП).

Типовой ИП состоит из командного пункта, системы единого времени,средств траекторных и телеметрических измерений, средств связи с экипажами пилотируемых КА, электронных средств для предварительной обработки информации и пр. Сбор измерительной информации и выдача результатов её обработки на рабочие места операторов (испытателей) для отображения и документирования производятся с помощью автоматизированной системы, включающей различные каналы связи (проводные, кабельные, радиорелейные, спутниковые), аппаратуру передачи данных и другие электронные средства. Обработка измерительной информации производится в информационно-вычислительном центре (ИВЦ), входящем в состав ИКК. Производительность ИВЦ и пропускная способность каналов связи позволяют вести обработку информации, оценку работоспособности бортовых систем РН и КА в реальном масштабе времени и выдавать на отображение до нескольких сотен параметров одновременно. Телевизионная и радиопереговорная информация связи с экипажами пилотируемых КА передаётся по широкополосным кабельным и спутниковым каналам связи в Центр управления

полётом. ИКК информационно сопрягается со всеми составными частями своего космодрома, а также с НАКУ, измерительными комплексами других космодромов, привлекаемыми подвижными средствами и другими организациями.

2. ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС 2.1. Назначение, структура и состав

Технический комплекс ракетно-космического комплекса представляет собой комплекс зданий и сооружений с общетехническим и технологическим оборудованием и земельный участок с подъездными путями, обеспечивающий прием и хранение элементов РКН, сборку и испытание ракеты-носителя, космического аппарата, заправку КА компонентами топлива и сжатыми газами, сборку космической головной части и пристыковку ее к ракете-носителю (сборку РКН).

Технический комплекс ракетно-космического комплекса включает:

- технический комплекс ракеты-носителя (ТК РН);
- технический комплекс космического аппарата (ТК КА); -технический комплекс космической головной части (ТК КГЧ); -технический комплекс ракеты космического назначения (ТК РКН). Структурные схемы ТК приведены на рис. 2.1 - 2.4.

Подготовка ракеты космического назначения включает следующие основные этапы: 22

- сборку и испытания ракеты-носителя на ТК РН;
- сборку и испытания космического аппарата на ТК КА;
- заправку КА на заправочной станции;
- сборку космической головной части на ТК КГЧ;
- сборку ракеты космического назначения на ТК РКН и ее подготовку к транспортировке на стартовый комплекс.

Для выполнения всех работ по подготовке, сборке и испытаниям ракет-носителей и космических аппаратов технический комплекс имеет следующие здания и сооружения:

- монтажно-испытательный корпус;
- заправочную станцию;
- зарядно-аккумуляторную станцию; -хранилище ракет-носителей; -хранилище наземного оборудования и др.

2.2. Монтажно-испытательный корпус

2.2.1. Монтажно-испытательный корпус (МИК) ракет-носителей -главное сооружение технического комплекса, оснащенное комплектом оборудования, обеспечивающим прием с заводов-изготовителей ступеней, блоков и отдельных узлов ракет-носителей и разгонных блоков, их разгрузку, расконсервацию, хранение, сборку, проверку на герметичность, автономные и комплексные испытания. Как правило, в этом же МИКе производится пристыковка космических головных частей к РН и перегрузка РКН на транспортно-установочный агрегат.

Монтажно-испытательный корпус может состоять как из одного зала, так и из нескольких залов (пролетов). К основному зданию некоторых МИК примыкает так называемый корпус расконсервации, предназначенный для приема отдельных отсеков, блоков, узлов крупных ракет-носителей, освобождения их от укупорки и предварительной сборки, а также хранилище ракет. В монтажно-испытательном корпусе в зависимости от размеров и класса ракеты-носителя можно собирать и испытывать одну или несколько ракет, для чего оборудуется соответствующее количество рабочих мест, оснащенных необходимым оборудованием.

Зал МИК и его пролеты оборудованы мостовыми кранами, количество и грузоподъемность которых зависят от принятой технологии работ.

Для проведения сборки и перемещения блоков и ступеней ракет-носителей из одного пролета в другой внутри монтажно-испытательного корпуса проложены железнодорожные пути, а для вывоза собранной ракеты космического назначения на стартовую позицию -

железнодорожный путь, размеры и конструкция которого определяются конструкцией транспортно-установочного агрегата.

Монтажно-испытательный корпус оснащен электросиловым, осветительным, отопительным и вентиляционным оборудованием, системами пожаротушения, водоснабжения, промстоков, средствами связи и другим общетехническим оборудованием.

Для поддержания определенной температуры воздуха внутри МИК имеются система центрального отопления, система кондиционирования, вытяжная вентиляция для всего зала и местная приточная вентиляция для охлаждения работающей аппаратуры. Для охлаждения вакуумных насосов, наземной электроаппаратуры, системы пожаротушения и других технических и бытовых нужд в монтажно-испытательном корпусе предусмотрена система водоснабжения, а для слива использованной воды и других жидкостей -система промстоков. МИК оборудован телефонной, шлемофонной и громкоговорящей связью.

Для проверки исправности (нормального функционирования) бортовых систем РН (КА, РБ) после транспортировки с завода-изготовителя, сборки РН (КА, РБ, КГЧ, РКН) МИК оснащен специальным технологическим оборудованием.

В монтажно-испытательном корпусе ракета-носитель подвергается автономным и комплексным испытаниям. Автономные испытания - это проверки отдельных систем, узлов и агрегатов, проводимые с целью определения правильности их функционирования; комплексные испытания -это совокупность операций, проводимых с целью проверки правильности функционирования всех систем ракеты-носителя.

Все испытания проводят с помощью контрольно-испытательной аппаратуры (КИА), размещаемой в отдельных помещениях (так называемых пультовых), соединенных с залом МИК кабельными каналами.

Системы управления и измерений обеспечиваются постоянным током и током нестандартной частоты, вырабатываемыми системой наземного электроснабжения спецтоками (СНЭСТ), в состав которой входят преобразователи, токораспределительные устройства, пульты дистанционного управления, кабельная сеть и т. п.

Все сборочные работы с РН, РБ, КГЧ и РКН в монтажно-испытательном корпусе РН выполняют с помощью механотехнологического оборудования (МТО).

МИК РН имеет средства обслуживания, обеспечивающие операторам и монтажникам доступ к люкам и стыковочным местам РН, РБ, КГЧ и РКН при сборке и испытаниях.

2.2.2. *Монтажно-испытательный корпус космических объектов (МИК КО)* служит для приема с заводов-изготовителей космических аппаратов, их выгрузки, хранения, сборки, проверки на герметичность, электрических испытаний, а также для сборки и испытаний космических головных частей.

Монтажно-испытательный корпус космических объектов - это здание, обычно уступающее по размерам МИК ракет-носителей и состоящее из одного или нескольких залов (пролетов). Высота МИК КО зависит от габаритов космических аппаратов и космических головных частей и способа их сборки. МИК КО имеет железнодорожные пути для доставки объектов, подъемные краны для перемещения их внутри корпуса и для проведения монтажно-сборочных и погрузочно-разгрузочных работ.

Контрольно-испытательная аппаратура и источники токов обычно размещены в специальных помещениях или комнатах (пультовых), количество которых зависит от состава систем космических объектов и размеров испытательного оборудования.

Рабочие места МИК КО оснащены необходимым пневмовакуумным, подъемно-перегрузочным и механотехнологическим оборудованием, контрольно-испытательной аппаратурой, средствами обслуживания, источниками энергопитания и спецтоков, телефонной, шлемофонной и громкоговорящей связью. Для отвода тепла, выделяющегося при испытаниях бортовой аппаратуры, предназначены жидкостная (ЖСОТР) и воздушная (ВСОТР) системы обеспечения теплового режима.

В МИК КО может быть несколько рабочих мест, оборудованных как для однотипных, так и для различных по конструкции и назначению космических аппаратов.

Для испытаний космических аппаратов и их отсеков на герметичность в комплект пневмовакуумного оборудования входят барокамеры, устанавливаемые или в самом МИК КО или в отдельном здании. Барокамеры в зависимости от размещения в них объектов могут быть горизонтальными или вертикальными.

Монтажно-испытательный корпус космических объектов должен удовлетворять повышенным требованиям по чистоте, что вызывается не только культурой производства, но и функциональными особенностями работы космических аппаратов. Пыль, грязь или посторонние предметы, попавшие в космический аппарат, в космосе, в состоянии невесомости, могут вызвать серьезные помехи работе аппаратуры, а при пилотируемых полетах и жизнедеятельности членов экипажа. Поэтому входные двери МИК КО выполнены герметичными или с тамбурами, а вентиляционные системы оборудованы фильтрами. Иногда МИК КО имеет систему кондиционирования, которая помимо поддержания определенной температуры и влажности обеспечивает и очистку воздуха.

2.3. Заправочная станция

Заправочная станция предназначена для заправки космических аппаратов и разгонных блоков высококипящими компонентами топлива и сжатыми газами. На станции производят заправку горючим, окислителем и сжатыми газами (азотом, гелием и др.) маршевых, тормозных и корректирующих двигательных установок, двигателей ориентации и управления движением КА, а также баков разгонных блоков.

Заправочная станция - это комплекс сооружений, удаленный в целях безопасности от других зданий и сооружений технического комплекса. Заправочная станция состоит из заправочного корпуса, хранилища окислителя, хранилища горючего, холодильного центра, трансформаторной подстанции, сооружений промстоков окислителя, горючего, площадок нейтрализации паров окислителя, горючего и др.

Заправочный корпус станции имеет три заправочных зала, в которых производится раздельная поочередная заправка объекта окислителем, горючим и сжатыми газами. В целях безопасности залы отделены друг от друга герметичными воротами.

Через всю станцию проложен железнодорожный путь, по которому в вагоне или на транспортере доставляют космический аппарат или разгонный блок. Заправляемый объект перемещают в вагоне или на транспортере из одного зала в другой, при этом в первом зале происходит заправка горючим, во втором - сжатыми газами, в третьем - окислителем.

Места заправки, заправочные горловины и штуцера обслуживают с площадок и подставок, входящих в состав заправочной станции, или для этих целей используют средства обслуживания вагона или транспортера.

Управление всеми заправочными операциями производится из пультовых, где размещены пульты систем дистанционного и автоматического управления, аппаратура контроля и сигнализации, заправочные операции регистрируются на табло и приборах информационно-управляющей системы.

Заправочная станция оборудована мощной приточно-вытяжной вентиляцией, системой промстоков, противопожарными системами, которые изготовлены в пожаровзрывобезопасном исполнении из материалов, стойких к воздействию агрессивных компонентов и их паров. На заправочной станции принимают особо строгие меры безопасности.

2.4. Зарядно-аккумуляторная станция

Зарядно-аккумуляторная станция служит для подготовки и зарядки аккумуляторных батарей, используемых в качестве бортовых источников электропитания космических аппаратов, разгонных блоков и ракет-носителей. Зарядно-аккумуляторная станция размещается, как правило, в отдельном помещении и оснащается оборудованием, обеспечивающим приготовление и заливку электролита, заряд и разряд батарей, их контроль перед установкой на объект, а также специальными холодильниками (с целью уменьшения саморазряда батарей). На станции проводят так называемую тренировку батарей, заключающуюся в проведении

нескольких циклов «заряд - разряд», что способствует принятию большего запаса электроэнергии.

2.5. Хранилище пороховых зарядов

Хранилище пороховых зарядов (помещение для пиротехнических устройств) имеется на тех космодромах, где осуществляется подготовка ракет-носителей и космических аппаратов, в состав которых входят твердотопливные ускорители - пороховые двигатели, двигательные установки аварийного спасения, а также другие пиротехнические средства. Хранилище обычно представляет собой отдельно стоящее здание, удаленное в целях безопасности от других зданий и сооружений технической позиции. Пиротехнические устройства размещают в хранилище на тележках или подставках; для погрузочно-разгрузочных работ предусмотрены краны или ручные тали. Для поддержания определенной температуры воздуха в помещении и исключения резких перепадов температур (во избежание образования трещин в зарядах) хранилища строят заглубленными в землю или обвалованными; большие хранилища оборудуют системой кондиционирования воздуха. Все оборудование хранилища изготовлено во взрывобезопасном исполнении и во избежание накопления статического электричества тщательно заземлено; для защиты от атмосферного электричества предусмотрена система молниеотводов.

2.6. Хранилище ракет-носителей

Хранилище ракет-носителей - это здание, оборудованное мостовыми кранами и железнодорожной колеей для доставки собранных ракет-носителей. Обычно ракеты хранят на ангароскладских тележках или на транспортерах и железнодорожных агрегатах, на которых их доставляют в хранилище; в этом случае отпадает необходимость в кранах, что существенно упрощает строительную часть хранилища.

2.7. Хранилище агрегатов наземного оборудования

Хранилище агрегатов наземного оборудования может состоять из нескольких зданий и навесов для хранения подвижных заправочных агрегатов, механотехнологического, подъемно-перегрузочного оборудования и транспортных средств. Крупногабаритные агрегаты (кабель-заправочные башни, транспортно-установочные агрегаты и т. п.) хранят, как правило, на специально оборудованных открытых площадках.

2.8. Технологическое оборудование ТК

2.8.1. Механотехнологическое оборудование

Комплект механотехнологического оборудования (КМТО) - составная часть ТК КА (КГЧ, РБ, РН, РКН), представляющая собой совокупность оборудования для обеспечения монтажно-стыковочных работ, подъемно-перегрузочных работ, взвешивания и определения координат центра масс, обезвешивания раскрываемых элементов, а также обслуживания при подготовке КА (КГЧ, РБ, РН, РКН) на техническом комплексе.

В общем виде механотехнологическое оборудование включает в себя следующие виды оборудования:

- монтажно-стыковочное оборудование (монтажно-стыковочные тележки, тележки хранения, кантователи, стенды для сборки КА, КГЧ, стенды обезвешивания, ложементы и т. п.);
- подъемно-перегрузочное оборудование (траверсы, грузозахватные средства, канаты, подвески, переходники, манипуляторы, такелажные приспособления и т.п.);
-средства обслуживания для КА, СЗБ, КГЧ, РН, РКН (стапели обслуживания, фермы обслуживания, стремянки, площадки обслуживания, подставки и т.п.);

Ниже приводятся состав и краткая характеристика отдельных агрегатов и устройств по видам оборудования.

2.8.1.1. Монтажно-стыковочное оборудование

Монтажно-стыковочная тележка - устройство, представляющее собой, силовую раму на железнодорожном ходу с тормозом, оборудованную ответным устройством для роликовой

опоры и приводами для перемещения опоры в трех линейных направлениях. Ниже приведены технологические данные и устройство базовой монтажно-стыковочной тележки 11Т366, которая широко используется при работах с КА и РН.

Тележка предназначена для работы в составе монтажно-технологических и сборочных агрегатов, вместе со сменными роликовыми опорами и ложементами этих агрегатов и бандажами блоков РН и КА (далее по тексту изделий).

Конструкция тележки обеспечивает:

- установку сменных роликовых опор и ложементов;
- установку проставок для обеспечения расположения составных частей изделия на различной высоте;
- передвижение загруженной и незагруженной тележки по рельсовому пути нормальной колеи;
- вертикальное и поперечное перемещение съемных рабочих элементов (роликовые опоры и ложементы);
- контроль нагрузок на роликовых опорах и ложементах;
- проведение такелажных работ с тележкой.

Ангарная тележка - устройство на колёсном ходу, предназначенное для хранения, перемещения и проведения регламентированного технического обслуживания КА (КГЧ, РБ, РН) внутри сооружений. Она может быть оборудована приводом для перемещения.

Кантователь КА (КГЧ, РБ) - устройство, обеспечивающее поворот КА (КГЧ, РБ) и их составных частей вокруг одной из осей на угол не менее 90°. Разновидностью кантователя является агрегат наклона. В качестве примера взят агрегат наклона 17Т17, разработанный для КА типа "Ресурс-ДК" и находящийся в настоящее время в эксплуатации.

Стенд комплексных испытаний - совокупность устройств для установки, проверки положения осей КА (КГЧ, РБ), подсоединения электропневмогидрокоммуникаций и средств термостатирования в процессе проверки во взаимодействии систем КА (КГЧ, РБ).

Основание выполняет функции по наклону, повороту и вращению изделий, а вышки с фермами и площадками служат для обслуживания изделий, находящихся в вертикальном положении. Кроме того вышки являются противовесом при повороте изделий на 90°.

Основание имеет в своем составе поворотную раму, погон, механизмы, гидросистему и систему гидроавтоматики, позволяющие выполнять операции по повороту изделия, закрепленного на погоне, из вертикального положения в горизонтальное, наклону изделия на ±20° в две стороны и вращению изделия вокруг вертикальной оси на 360°.

С двух сторон на раме основания установлены две неподвижные вышки, между которыми устанавливается изделие. Неподвижные вышки имеют выдвижные площадки, с помощью которых обслуживающий персонал может приближаться к изделию в местах наименьшего размера по диаметру. С боковых сторон неподвижных вышек устанавливаются поворотные фермы и площадки, которые в закрытом положении образуют шестигранник с внутренним максимальным диаметром 4200 мм. Поворотные площадки и фермы имеют выдвижные площадки, каждая из которых выдвигается на 900 мм.

Поворотные площадки и фермы можно закрывать или открывать поворотом в подшипниках опор с помощью ручных винтовых механизмов, имеющихся на каждом этаже, кроме верхнего.

Для перехода с неподвижной вышки на поворотную площадку или поворотную ферму на каждом этаже имеются мостики.

При установке изделия, находящегося в вертикальном положении, в стенд необходимо с одной из сторон стенда открыть поворотные фермы и площадки, соединенные между собой по высоте при помощи механизма поворота одной из площадок.

Стенд позволяет обслуживать изделие снизу, для чего опорная плоскость изделия установлена на высоте не менее 1500 мм от пола; между одной из балок основания и полом МИКа имеется минимальный зазор для заезда под стенд стыковочных механизмов.

В случае необходимости можно вращать изделие, находящееся в стенде, при помощи механизма вращения погона от электрогидравлического привода или с помощью ручного привода.

Гидросистема стенда состоит из органов питания, управляющих органов, исполнительных органов, трубопроводов и присоединительной арматуры. Гидросистема обеспечивает выполнение следующих операций:

- наклон погона стенда на угол + 20°;
- поворот рамы стенда на угол 90°;
- вращение опорного кольца стенда.

Гидравлические фильтры, манометр, большинство органов управления и присоединительной арматуры находятся в гидропульте, расположенном на ферме основания. Рабочая жидкость - масло АМГ-10. Рабочее давление в гидросистеме равно 18,5МПа (185 кгс/см^2).

В гидросистеме используется система с насосами постоянной производительности и дроссельным регулированием скорости исполнительных органов. Работа насосов производится от электродвигателя переменного тока "М".

Наклон погона производится гидроцилиндром наклона на большой (5°/сек) и малой (0,2°/сек) скоростях.

Поворот рамы на угол 90° производится гидроцилиндрами 1 поворота с большой (0,5°/сек) и малой (0,125°/сек) скоростями.

Вращение опорного кольца в горизонтальном положении осуществляется гидромотором с большой (5°/сек) и малой (0,5°/сек) скоростями.

Гидропульт предназначен для управления работой насосной станции, гидроцилиндра наклона, гидроцилиндров поворота и гидромотора и расположен на ферме основания.

Органы питания осуществляют механическую очистку рабочей жидкости и подачу ее ко всем органам гидросистемы стенда. К ним относятся насосная станция и фильтр.

Насосная станция 4 предназначена для подачи рабочей жидкости под давлением в гидросистему агрегата и состоит из насосов, электродвигателя, бака и ручного насоса.

При работе двух насосов осуществляется наклон погона и поворот рамы на большой скорости. Вращение опорного кольца, наклон погона и поворот рамы на малой скорости осуществляются насосом.

Насосы - поршневые, нерегулируемые с приводом от электродвигателя с производительностью 35 л/мин и 16 л/мин при 1450 об./мин.

Гидравлический фильтр сливного типа с перепускным клапаном предназначен для тонкой очистки рабочей жидкости, поступающей из гидросистемы в бак, и расположен в верхней части бака.

Ручной насос расположен на раме насосной станции и предназначен для подачи рабочей жидкости под давлением в гидросистему. Насос -поршневого типа с двухступенчатыми поршнями, автоматически переключающийся на пониженную производительность при достижении заданного давления 4,5МПа (45 кгс/см^2).

Управляющие органы предназначены для управления работой исполнительных органов гидросистемы. К ним относятся: распределители, приборы безопасности и дроссельные устройства.

В гидросистеме стенда установлены следующие приборы безопасности: предохранительные клапаны, гидрозамки гидроцилиндра наклона и гидроцилиндров поворота.

К приборам безопасности относятся также дроссели гидроцилиндров поворота, которые установлены непосредственно на гидроцилиндрах. В случае выхода из строя трубопроводов или кранов управления гидроцилиндрами эти дроссели ограничивают скорость поворота рамы в допустимых пределах.

Электрооборудование стенда предназначено для электропривода насосной станции для обеспечения потребителей электроэнергии постоянным и переменным током, для

дистанционного управления гидросистемой при выполнении операций, проводимых на стенде, и освещения стенда.

Электрооборудование стенда включает в себя источники электроэнергии (преобразователь напряжения, блок конденсаторов), командный орган (пульт управления), коммутационную аппаратуру и аппаратуру защиты, размещенную в щите гидроавтоматики, распределительном щите, блоке конденсаторов и релейном блоке, аппаратуру освещения и исполнительные органы (электродвигатель, электромагнитные краны).

Электрооборудование стенда подразделяется на систему гидроавтоматики и систему освещения.

Система гидроавтоматики предназначена для электропривода насосной станции и дистанционного управления гидросистемой при поворотах рамы, наклонах погона и вращения опорного кольца.

В состав системы гидроавтоматики входят щит гидроавтоматики, пульт управления, релейный блок, блок конденсаторов, преобразователь напряжения, электродвигатель, микровыключатели, путевые выключатели, звонок.

Управление системой гидроавтоматики осуществляется с пульта управления.

Система освещения стенда предназначена для освещения мест работы с изделием, а также для подключения переносных светильников и электроинструмента.

2.8.12. *Подъемно-перегрузочное оборудование* Траверса КМТО - горизонтальная балка с устройством для ее подвешивания на крюк (крюки) грузоподъемных механизмов и установочными элементами для присоединения таких же балок, грузозахватных средств КА (КГЧ, РБ, РН) и для подъема и перемещения КА(КГЧ, РБ, РН).

Грузозахватное средство - устройство, соединяющее грузоподъемный механизм с КА (КГЧ, РБ, РН, РКН), их составными частями или технологическим оборудованием ТК КА (КГЧ, РБ, РН, РКН) при выполнении погрузочно-разгрузочных работ, кантования или других видов работ, при которых осуществляется их подъем, перемещение или удержание на весу.

Комплект грузозахватных средств набор грузозахватных средств для захвата, подъема и перемещения КА (КГЧ, РБ, РН, РКН), их составных частей и технологического оборудования ТК КА (КГЧ, РН, РБ, РКН), при помощи грузоподъемных механизмов.

Комплект стропов - устройство для захвата, подъема и перемещения КА (КГЧ, РБ, РН, РКН) и их составных частей, имеющее приспособление для непосредственного подсоединения к крюкам грузоподъемных механизмов.

Комплект канатов - устройство, подсоединяемое к траверсе (траверсам) для захвата, подъема и перемещения КА (КГЧ, РБ. РН, РКН) и их составных частей при помощи траверс и комплектов переходников.

Комплект переходников - набор деталей, обеспечивающих соединение канатов, тяг, траверс между собой и с грузом для их захвата, подъема и перемещения КА (КГЧ., РБ, РН, РКН) и их составных частей.

Такелажная подвеска КА (КГЧ, РБ, РН, РКН) - устройство, навешиваемое на крюк грузоподъемных механизмов или на траверсу, несущее направленную полную или частичную нагрузку от груза.

Такелажное приспособление - устройство, крепящееся на КА (КГЧ, РБ, РН, РКН) ил их составных частях и обеспечивающее сохраняемость КА (КГЧ, РБ. РН, РКН) при подъеме и перемещении, снабженное узлами для присоединения грузозахватных средств.

2.8.13. *Средства обслуживания*

Стапель обслуживания КГЧ (РН, РКН) - совокупность устройств для размещения людей и грузов, обеспечивающая их доступ при проведении сборки КГЧ (РН, РКН) в горизонтальном положении.

Ферма обслуживания - совокупность устройств, обеспечивающая удобный доступ, освещенность зон обслуживания, прокладку коммуникаций, доставку грузов и людей при проведении испытаний КА (КГЧ, РБ, РН) и их составных частей в вертикальном положении.

Стремянка обслуживания - устройство без ограждения, переносимое или перекатываемое вручную, для размещения людей при выполнении технологических операций с КА (КГЧ, РБ, РН, РКН) и их составными частями.

Площадка обслуживания - устройство с ограждением для размещения людей и грузов, применяемое при выполнении технологических операций с КА (РБ, КГЧ, РН) и их составными частями самостоятельно или в составе других средств обслуживания.

Технологическая подставка - устройство, обеспечивающее доступ к зонам обслуживания и оборудованное ответными присоединительными элементами для установки КА (КГЧ, РБ, РН) и их составных частей.

2.8.2. Заправочное оборудование ТК Заправочное оборудование ТК включает в себя:

-оборудование заправки системы терморегулирования космических аппаратов;

-оборудование заправки двигательных установок космических аппаратов и баков разгонных блоков.

2.8.2.1. Оборудование заправки системы терморегулирования космических аппаратов имеет передвижной и стационарный варианты исполнения.

В передвижном варианте оборудование заправки СТР, включающее в себя агрегат заправки и агрегат вакуумирования, хранится в специальной зоне зала МИК КО и на период проведения работ по заправке размещается в непосредственной близости от рабочего места подготовки КА.

В стационарном варианте основное оборудование заправки СТР (заправочная и дренажная емкости для теплоносителя, пневмогидравлический пульт управления, насосная установка, два агрегата вакуумирования) размещаются в отдельном сооружении, расположенном рядом с МИК КО. Магистрали подачи теплоносителя по специальному каналу, соединяющему сооружение системы заправки СТР и МИК КО, подведены к заправочной колонке на рабочем месте подготовки КА. К заправочной колонке подключается передвижной пульт заправки.

Для подключения заправочных и дренажных рукавов к соответствующим клапанам СТР КА в системе заправки имеются заправочные и дренажные приспособления.

2.8.2.2. Оборудование систем заправки двигательных установок космических аппаратов и баков разгонных блоков располагается в сооружениях заправочной станции.

В состав технологического оборудования заправочной станции входят:

- система заправки окислителем;
- система заправки горючим;
- система сжатых газов;
- система дистанционного управления заправкой;
- система сбора и сжигания паров компонентов топлива и промстоков;
- система нейтрализации заправочного оборудования;
- агрегат заправки жидким аммиаком;
- агрегат заправки изделий высококонцентрированным пероксидом водорода;
- система термостатирования;
- системы вакуумирования (3 шт.);
- системы газового контроля (2 шт.);
- информационно-управляющая система;
- комплект оборудования лаборатории;
- система пожаротушения;
- весы для взвешивания емкостей и изделий;
- весы дозаторов.

Системы заправки окислителем и горючим сходны по составу оборудования и выполняемым задачам. Каждая система включает в себя:

- емкости для хранения компонента топлива с уровнемерами и щитами отбора проб, теплообменник системы термостатирования, расположенные в сооружении хранилища окислителя (горючего);

-сливные емкости, блок насоса (система заправки горючим - два блока), три блока фильтров, три блока вентилей и блок клапанов, расположенные в помещении насосной окислителя (горючего) заправочного корпуса;

- четыре дозатора (дозатор - специальные весы с установленными на них емкостями), теплообменники и сливные емкости, расположенные в помещении дозаторной окислителя (горючего) заправочного корпуса;

- вакуумная колонка, заправочные пульты окислителя (горючего), расположенные в заправочном зале окислителя (горючего) заправочного корпуса;

-трубопроводы с арматурой, соединяющие оборудование сооружения хранилища окислителя (горючего) с оборудованием насосной окислителя (горючего), дозаторной окислителя (горючего) и заправочными пультами окислителя (горючего) заправочного корпуса, образующие четыре заправочные линии окислителя (горючего);

Система сжатых газов представляет собой стационарную систему и включает в себя:

- баллоны сжатых газов, щиты зарядки баллонов и распределительные щиты, колонки сжатых газов, зарядные колонки, расположенные в помещении ресиверной заправочного корпуса;

- блоки отбора проб сжатых газов, щиты зарядки сжатыми газами, колонка выдачи газов в систему нейтрализации, щиты выдачи воздуха, воздушный распределительный, зарядки баллонов воздухом, расположенные в зале заправки сжатыми газами заправочного корпуса;

- щиты управляющего давления, фильтры-поглотители и щиты выдачи газов, расположенные в различных сооружениях заправочной станции;

Все оборудование системы связано между собой трубопроводами, проложенными в технологических каналах и вдоль стен помещений.

2.8.3. Оборудование термостатирования КА, РКН на ТК Оборудование термостатирования КА, РКН на ТК предназначено для поддержания заданной температуры элементов КА при электрических испытаниях КА, в процессе транспортировок КА между сооружениями ТК, а также при нахождении КА в составе РКН на ТК РКН и при транспортировке ракеты космического назначения на транспортно-установочном агрегате с ТК РКН на СК.

Оборудование термостатирования КА, РКН на ТК включает в себя: -стационарную жидкостную систему обеспечения теплового режима (ЖСОТР), предназначенную для поддержания заданной температуры элементов КА при электрических испытаниях КА путем подачи (циркуляции). охлажденного или нагретого теплоносителя через жидкостно-жидкостный теплообменник термостатирования КА;

- передвижную воздушную систему обеспечения теплового режима (ВСОТР) на железнодорожном ходу, предназначенную для поддержания заданной температуры среды вокруг КА в процессе транспортировок КА между сооружениями ТК, а также при нахождении КА в составе РКН на ТК РКН и при транспортировке ракеты космического назначения на транспортно-установочном агрегате с ТК РКН на СК. При транспортировке на СК система используется совместно с агрегатом прикрытия из состава транспортного оборудования.

2.8.3.1. Основное оборудование холодильного центра ЖСОТР (две холодильные машины, два электронасоса, емкости, фильтр, жидкостный блок) расположено в отдельном помещении МИК КО и трубопроводами объединено в систему первичного контура. Из жидкостного блока трубопроводы вторичного контура проложены из помещения холодильного центра к рабочему месту подготовки КА. Жидкостный блок обеспечивает подачу в жидкостно-жидкостный теплообменник термостатирования (ЖЖТТ) КА охлажденного (нагретого) теплоносителя вторичного контура и автоматическое поддержание необходимой температуры на входе в ЖЖТТ.

В состав ЖСОТР входят также пневмощит продувки теплообменника ЖЖТТ и опрессовки мест пристыковки коммуникаций ЖСОТР к гидроколодке КА, а также пневмощит для технологических нужд.

Система управления ЖСОТР, основное оборудование которой расположено в помещении холодильного центра, обеспечивает автоматическое и дистанционное управление технологическим оборудованием ЖСОТР.

2.8.3.2. Передвижная воздушная система обеспечения теплового режима (агрегат термостатирования) состоит из двух железнодорожных вагонов - вагона-электростанции и вагона с холодильно-нагревательной установкой.

В вагоне-электростанции установлены три дизель-генератора мощностью по 200 кВт и система управления ими. Система управления находится в отдельном купе и позволяет включать один, два или три дизель-генератора в зависимости от требуемой мощности.

В вагоне с холодильно-нагревательной установкой установлены воздуходувка, нагреватели воздуха, компрессоры охлаждения, фильтры очистки воздуха и система управления работой всего оборудования. Система управления находится в отдельном купе и позволяет в ручном и автоматическом режимах обеспечивать требуемые параметры воздуха на выходе из агрегата: температура от минус 4 до 40°С; влажность до 80%; расход воздуха до 8000 $м^3$/час, и обеспечивать поддержание температуры с точностью ±2°С. Фильтры очистки воздуха обеспечивают чистоту подаваемого воздуха класса Р8 по ГОСТ Р 50766-95 (класс 100000).

Подача воздуха от агрегата термостатирования к объекту осуществляется по гибким воздуховодам, входящим в состав агрегата, (при термостатировании КГЧ в составе РКН используются также стационарные воздуховоды агрегата прикрытия).

2.9. Технические системы ТК

Каждый монтажно-испытательный корпус ТК оснащен электросиловым, осветительным, отопительным и вентиляционным оборудованием, системами пожаротушения, водоснабжения, промстоков, средствами связи и другим общетехническим оборудованием.

Электросиловое оборудование предназначено для питания агрегатов технологического и общетехнического оборудования, систем дистанционного и автоматического управления током промышленного напряжения и частоты.

Для поддержания определенной температуры воздуха внутри МИК имеются система центрального отопления, система кондиционирования, вытяжная вентиляция для всего зала и местная приточная вентиляция для охлаждения работающей аппаратуры. Для охлаждения вакуумных насосов, наземной электроаппаратуры, системы пожаротушения и других технических и бытовых нужд в монтажно-испытательном корпусе предусмотрена система водоснабжения, а для слива использованной воды и других жидкостей - система промстоков. МИК оборудован телефонной, шлемофонной и громкоговорящей связью.

2.10. Работы, проводимые на ТК

2.70.7. *Механосборочные работы*

2.10.1.1. Механосборочные работы, проводимые с РН

По прибытии блоков РН на ТК производится проверка сопроводительной документации, внешний осмотр материальной части блоков, выгрузка их из вагонов внутри монтажно-испытательного корпуса (МИК). Блоки РН выгружаются мостовыми кранами с использованием специальных траверс и подвесок.

Выгружаемые блоки РН укладываются:

-отсеки 1А, 2А центрального блока на монтажно-стыковочные тележки для стыковки между собой;

- боковые блоки Б, В, Г, Д и 3 ступень на тележки хранения.

На монтажно-стыковочных тележках производится стыковка отсеков 1А и 2А центрального блока. Отсеки стыкуются механически и электрически (стыкуются трубопроводы

пневмогидравлической схемы, электроразъемы бортовой кабельной сети, устанавливаются пирораздeлительные узлы и пр.). Производится выставка гировертиканта (ГВ).

Операция по выставке ГВ является одной из операций, обеспечивающих необходимую ориентацию РН в полете.

Операция по выставке гировертиканта производится после стыковки отсеков 1А и 2А и установки гировертиканта на блок А. Блок А лежит на двух опорах.

Выставка гировертиканта блока А сводится к установке контрольной планки гировертиканта, расположенной на корпусе гировертиканта, в направление, перпендикулярное к направлению плоскости стрельбы (перпендикулярно плоскости ИМ).

Для выставки гировертиканта используются следующие оптические приборы:

-высокоточный нивелир НА-1, предназначенный для проверки и юстировки параллельности линий.

-оптический квадрант КО-71, предназначенный для измерения углов наклона плоских или цилиндрических "потолочных" поверхностей и для установки их под заданным углом к горизонту.

Выставка гировертиканта на центральном блоке РН (блок А) производится в следующем порядке.

В районе расположения реперных знаков на отсеках 1А и 2А устанавливаются штативы, на штативы навешиваются линейки. Иглы линеек подводятся к точкам реперных знаков, нанесенных на корпусе блока.

Посередине между линейками 1 и 2 устанавливается штатив с нивелиром НА-1, с предварительно снятой насадкой с плоскопараллельным стеклом. Нивелир горизонтируется по цилиндрическому уровню с точностью **+8".**

Включаются лампы подсветки линеек для нивелирования. Поочередно фокусируется труба нивелира на линейки 1 и 2. Снимаются отсчеты по линейкам 1 и 2. Вычисляется разность отсчетов по линейкам 1 и 2. В случае, если разность отсчетов будет больше 10 мм, производится горизонтирование блока А с помощью гидроподъемника задней тележки до получения разности отсчетов меньше 10 мм.

Штатив с линейкой 2 переставляется к реперному знаку на отсеке 2А и игла линейки подводится к точке реперного знака на отсеке 2А.

Включаются лампы подсветки линеек 1 и 3 для нивелирования. Поочередно фокусируется труба нивелира с точностью половины деления линейки (0,5 мм). При этом отсчет, снятый по правой линейке, - Н-,, по левой - H_2, смотря со стороны фермы блока А.

Вычисляется поправочный угол Да по формуле:

Аа=1,7($H_г H_2$) - угловые минуты,

где

1,7 - величина поправочного угла при превышении одного реперного знака над другим на 1 мм;

- Hi - отсчет по правой линейке, мм;
- H_2 - отсчет по левой линейке, мм.

Вычисляется установочный отсчет для оптического квадранта КО-71 по формуле: **OF** 45°+Аа

Поправочный угол Да берется со своим знаком.

Снимается по I плоскости на приборном отсеке блока А крышка люка. С контрольной планки гировертиканта снимается защитная крышка и протирается контрольная планка салфеткой.

На оптическом квадранте КО-71 устанавливается угол, равный а. К контрольной планке гировертиканта прикладывается оптический квадрант.

Расконтривается поворотная часть гировертиканта ключом. Пузырек уровня оптического квадранта выводится на середину ампулы путем вращения винта азимутальной наводки гировертиканта ключом.

Поворотная часть гировертиканта контрится ключом и снимается отсчет N - величина отклонения контрольной планки по нониусной шкале. Величина отклонения нониуса со своим знаком записывается в формуляр на РН.

Отсчет по нониусу берется со знаком «-» при повороте гировертиканта вправо и со знаком «+» при повороте влево.

2.10.1.2. Механосборочные работы, проводимые с КА

Работы по подготовке КА начинаются, как правило, значительно раньше, чем подготовка РН, ввиду технической сложности бортовой научной и обеспечивающей аппаратуры КА, требующей значительно большего, по сравнению с бортовой аппаратурой РН, объема испытаний.

В настоящем пособии рассмотрена технология подготовки на ТК космического аппарата оптико-электронного наблюдения «Ресурс-ДК», предназначенного для дистанционного зондирования земной поверхности.

Космический аппарат, прошедший на заводе-изготовителе полный цикл комплексных электрических испытаний, транспортируется на ТК в собранном виде (без БС и ряда комплектующих элементов). КА и БС доставляются на ТК КА в специальных контейнерах.

КА выгружается из контейнера и устанавливается в стенд комплексных испытаний.

Контейнеры с БС (2 шт.) выгружаются с железнодорожной платформы и устанавливаются на полу МИКа. Производится подготовка КА в стенде к комплексным испытаниям и испытаниям термоконтейнера с НА на герметичность (снимается экран КДУ, производится сборка НКС без подключения к борту КА). КА выгружается из стенда и устанавливается на ложементы барокамеры в горизонтальном положении для проверки герметичности термоконтейнера для НА. После прохождения испытаний термоконтейнера в барокамере КА возвращается в стенд. Производится установка научной аппаратуры (НА) в термоконтейнер, панелей радиатора-охладителя СТР, подключение наземной кабельной сети (НКС).

Проводятся комплексные испытания КА на стенде.

Далее производится установка КА в барокамеру в горизонтальном положении для проверки КА на герметичность.

После успешного завершения испытаний на герметичность КА, в том числе двигательной установки, производится перегрузка КА на специальный ж/д агрегат с выдвижной рамой для доставки его на заправочную станцию.

Заправленный компонентами топлива и сжатыми газами КА доставляется на рабочее место в МИК и устанавливается в стенд.

Производится подготовка КА к стыковке с ПхО РН (установка экрана)

На заключительной стадии подготовки КА в стенде, перед установкой БС, производится проверка разворота термоконтейнера с научной аппаратурой с помощью специальной системы обезвешивания.

Далее производится установка БС на КА в стенде с использованием специальной системы обезвешивания, исключающей нагружение привода БС.

Производятся заключительные операции на КА перед установкой ГО.

В процессе комплексных электрических испытаний КА в случае выхода из строя бортовых приборов и агрегатов производится их замена на кондиционные из состава ЗИПа.

Поскольку большинство бортовых приборов находится внутри герметичных отсеков КА для обеспечения доступа к ним в процессе замены КА раскрывается по так называемым эксплуатационным стыкам -верхнему (стык ПО-СпО) и нижнему (стык ПО-АО).

Раскрытие КА по эксплуатационным стыкам производится в стенде при помощи агрегата раскрытия 17Т17.

Для замены КДУ используется специальный подъемник и комплект подъемно-перегрузочного оборудования (ППО)

2.10.2. Испытания ракет-носителей и космических аппаратов на ТК

2.10.2.1. Испытания ракеты-носителя "Союз"

Испытания РН "Союз" проводятся в следующей последовательности:

- проводят пневматические испытания, при которых проверяют герметичность мест соединения трубопроводов и арматуры, герметичность закрытия заправочных, дренажных и дренажно-предохранительных клапанов, настройку редукторов и т. д. При пневматических испытаниях используют сжатый воздух с точкой росы не выше минус 55°С при атмосферном давлении, не имеющий механических примесей и паров каких-либо веществ;
- проводят автономные испытания гироприборов системы управления РН в специальной лаборатории, после чего гироприборы устанавливают на специальные подставки рядом с ракетой;
- собирают схему электрических испытаний РН и проводят проверку сопротивления изоляции и пирозапалов, автономные испытания автомата стабилизации, системы опорожнения баков и синхронизации уровней компонентов (СОБИС) блоков А-Д, системы опорожнения баков (СОБ) верхнего блока, автомата управления выключением двигателей (АУВД), бортовой системы измерений, проверку работы автоматики двигательных установок.

Если автономные испытания показали, что все системы ракеты работают нормально, приступают к комплексным испытаниям РН с имитацией штатных и аварийных режимов работы. Комплексные испытания включают:

- комплексные испытания I-II ступеней РН ("пакета" блоков А-Д), при этом вместо блока III ступени подключается его электрический эквивалент;
- комплексные испытания блока III ступени, при этом вместо "пакета" блоков А-Д подключается его электрический эквивалент;
- зачетные комплексные испытания РН с записью на систему измерений, при этом система измерений РН работает в штатном режиме.

После просмотра и анализа материалов регистрации зачетных комплексных испытаний и принятия решения о дальнейшем проведении работ проводят заключительные операции, включающие в себя разборку схемы испытаний, установку на борт РН гироприборов, воздушных колодок и наполнительных соединений и т. д.

2.10.2.2. Испытания космического аппарата

Электрические испытания КА Целью электрических испытаний является подтверждение работоспособности бортовой аппаратуры и ее готовности к применению в соответствии с целевым назначением КА.

Задачами электрических испытаний КА являются:

проверка правильности электрических соединений бортовой аппаратуры;

проверка целостности электрических цепей бортовой кабельной сети (БКС) и отсутствия связи шин питания с корпусом КА; проверка работоспособности систем.

Задачи электрических испытаний КА решаются на стадиях сборки, испытаний на КИС завода-изготовителя, испытаний на ТК, СК и в процессе регламентных работ при хранении КА.

Объем и задачи испытаний, решаемые на каждой стадии существования КА, определяются разработчиками систем с учетом обеспечения технологичности процесса изготовления и эксплуатации КА.

Распределение задач испытаний по стадиям изготовления и эксплуатации обусловливает структуру электрических испытаний, а требования по технологичности процесса испытаний - последовательность проведения электрических испытаний.

Электрические испытания КА проводятся, как правило, в следующей последовательности:

- автономные испытания бортовой аппаратуры, если они предусмотрены документацией;
- проверочные включения электрически состыкованной аппаратуры в составе КА;
- комплексные испытания.

Автономные испытания - это испытания отдельных бортовых систем, узлов, агрегатов, входящих в состав КА.

При автономных испытаниях должны проверяться практически все элементы системы, приборы, агрегаты, цепи, каналы управления с оценкой стыковочных параметров (входных и выходных).

При автономных испытаниях проводится окончательная подстройка, регулировка и калибровка приборов, агрегатов, систем с целью обеспечения характеристик, заданных в технических условиях на испытываемую бортовую аппаратуру.

Проверочные включения электрически соединенных бортовых систем, приборов, агрегатов проводятся с целью поочередной проверки работоспособности в составе КА с записью контролируемых параметров проверяемых систем на систему измерений.

Проверочные включения начинаются с проверки исходного состояния систем и проводятся в такой последовательности, чтобы в первую очередь проверялись системы, обеспечивающие работу остальных систем.

Проверочные включения подтверждают готовность систем к проведению комплексных испытаний.

Комплексные испытания систем проводятся с целью проверки работоспособности бортовой аппаратуры в составе КА по программе испытаний, приближенной к программе функционирования КА при штатной эксплуатации. При этом проверяется работа программ, характеристики которых находятся в прямой зависимости от выходных параметров бортовой аппаратуры.

Комплексные испытания планируются таким образом, чтобы имелась возможность как сквозной отработки всех из необходимого большинства испытываемых режимов работы, так и отработки режимов в отдельности.

Объем комплексных испытаний определяется временной диаграммой испытаний.

Пневмовакуумные испытания КА

Методика проведения пневмовакуумных испытаний КА приведена в Учебном пособии к лабораторным работам «Испытание изделий на герметичность», Куйбышев, 1988.

Заправка КА

Методика заправки КА компонентами топлива и сжатыми газами приведена в Учебном пособии к лабораторным работам «Заправка энергосистем ЛА в эксплуатирующей организации», Куйбышев, 1988.

2.10.3. Сборка КГЧ

Доставленные на ТК КГЧ ГО и ПхО выгружаются из вагона и укладываются на тележки хранения и подставку соответственно. ПхО готовится к стыковке с КА.

ГО с помощью балок кантуется в вертикальное положение на тележке кантователя. ГО краном снимается с кантователя и устанавливается в вертикальное положение на подставку. На подставке производится расстыковка продольного стыка ГО и с помощью механизма подставки разводятся створки ГО с маркировкой II-I-IV и II-III-IV.

Подготовленный к стыковке КА краном с помощью подвески в вертикальном положении устанавливается на стыковочный шпангоут ПхО, заблаговременно установленного в стенд. КА крепится к ПхО тремя пирозамками и тремя страховочными болтами (снимаются на СК). На ПхО взводятся три толкателя для отделения КА от ПхО (от 3-й ступени РН). Производится стыковка электрических связей между КА и ПхО.

Далее к ПхО с помощью специальной подвески и крана стыкуются створки ГО в вертикальном положении (створки к ПхО крепятся страховочными болтами). Первой стыкуется створка ГО с маркировкой II-I-IV, второй стыкуется створка ГО с маркировкой II-III-IV. После скрепления створок между собой с помощью струбцин производится установка и затяжка на момент замков продольного стыка, закрытие их желобами. Производится съем струбцин с ГО, установка на створки ГО узлов вращения и продольных толкателей сброса створок. ГО стыкуется с ПхО электрически.

Полностью собранная КГЧ кантуется механизмами стенда в горизонтальное положение, отстыковывается с помощью траверс и крана от стенда и перекладывается на монтажно-

стыковочные тележки для стыковки с 3-й ступенью РН.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РРАБОТЫ
Практическая работа №1

Технический комплекс

Цель работы– ознакомиться с назначением и обустройством технического комплекса РКН «Союз-2» и его основных элементов.

Технический комплекс (ТК) — это часть специально оборудованной территории космодрома с размещенными на ней зданиями и сооружениями, оснащенными специальным технологическим оборудованием и общетехническими системами. На ТК должен выполняться максимально возможный объем работ. Оборудование технического комплекса позволяет обеспечить прием, сборку, испытание и хранение ракетно-космической техники, а также заправку компонентами топлива и сжатыми газами космических аппаратов (КА) и разгонных блоков (РБ), их стыковку с ракетами-носителями (РН) и транспортировку собранного комплекса на старт.

Состав ТК представлен на рисунке 1.

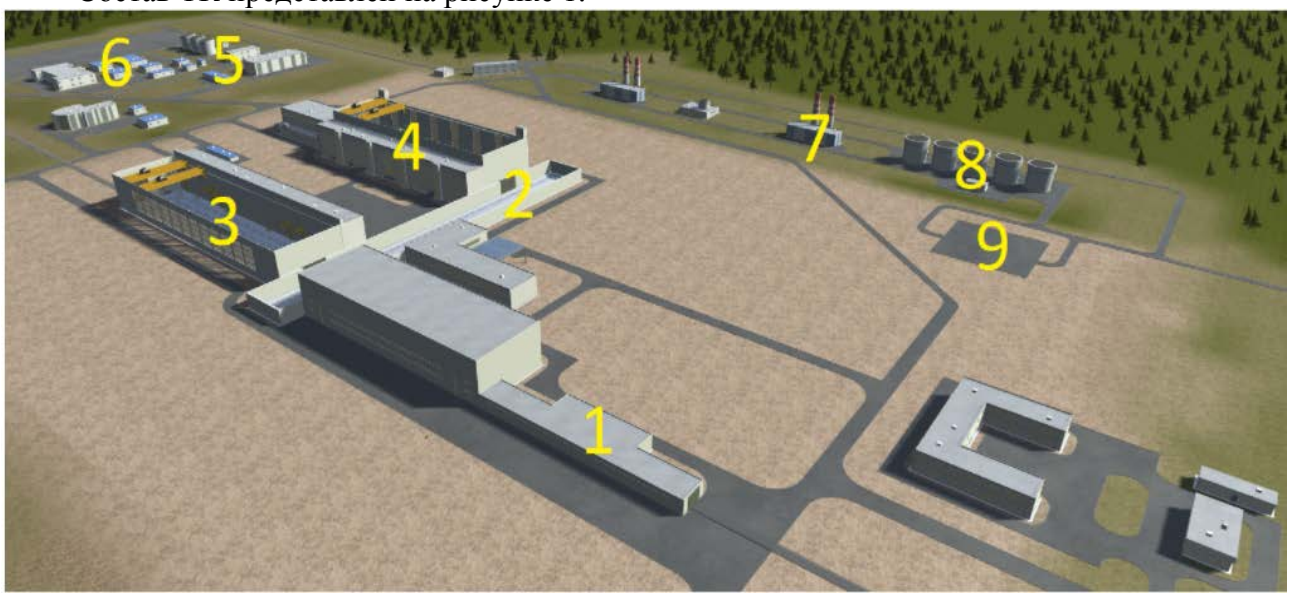


Рисунок 1 – Объекты технического комплекса:

1 – Склад блоков РН; 2 – Трансбордерная галерея; 3 – Монтажно-испытательный корпус РН; 4 – Монтажно-испытательный корпус КА; 5 –Заправочно-нейтрализационная станция; 6 – Пожарное депо; 7 – Котельная; 8 – Насосная; 9 – Трансформаторная подстанция.

Склад блоков РН– помещение ангарного типа для принятия с завода изготовителя сборок РН и размещения их на длительное хранение. В склад блоков также доставляется КА и РБ с последующей их транспортировкой в МИК КА по трансбордерной галерее.

Трансбордерная галерея– вспомогательное помещение для транспортировки элементов РКН из складских помещений в МИК РН и МИК КА, а также из МИКа КА в МИК РН. Трансбордерная галерея оснащена транспортировочной платформой, которая имеет возможность поступательно перемещаться по всей галерее, а также подъемными механизмами (кран-балками) для погрузки и перегрузки элементов РН и КА (рисунок 2).

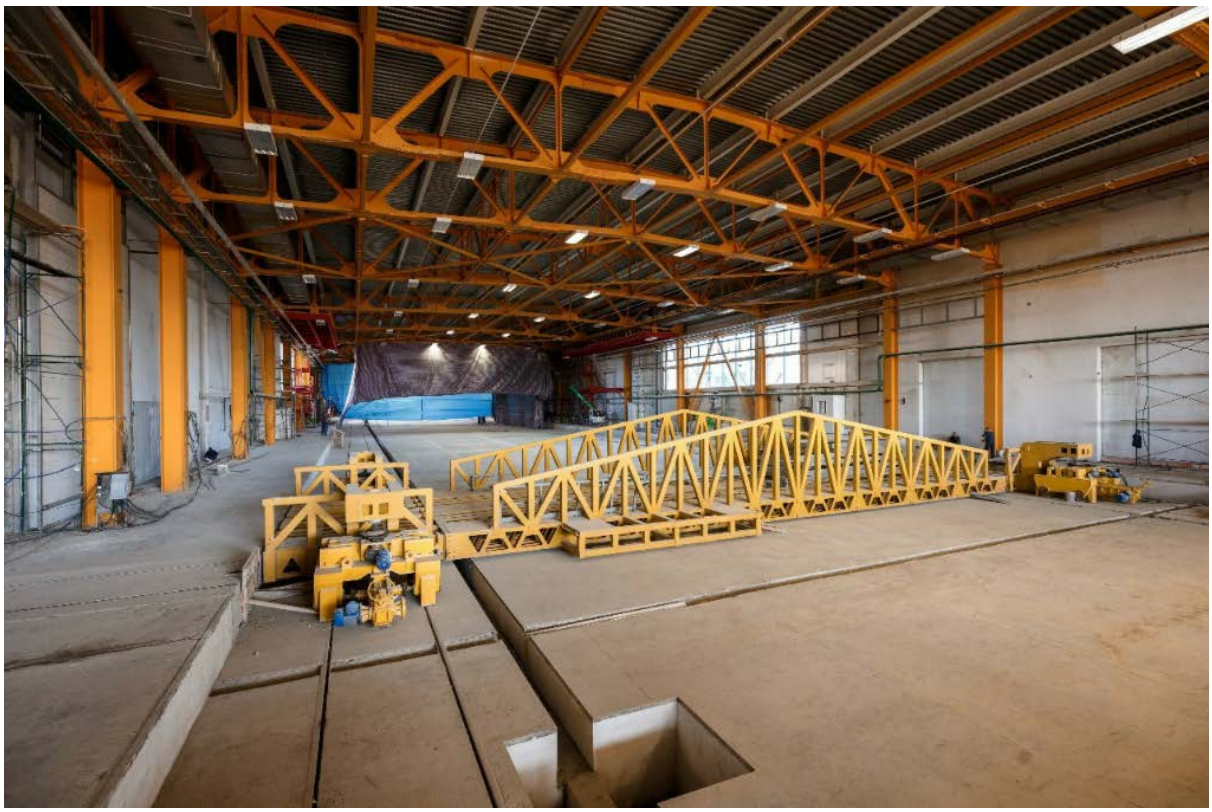


Рисунок 2 – Трансбордерная галерея

Монтажно-испытательный корпус (МИК) – главное сооружение ТК, предназначенное для проведения всего комплекса работс блоками РН, КА и РБ, по их техническому обслуживанию, испытаниям и сборке. Помещение имеет систему вентиляции и увлажнения/осушения для обеспечения температурно-влажностных режимов (ТВР), необходимых для проведения работ с РН, КА и РБ. Помещение оснащено железнодорожными рельсами для движения транспортировочных платформ и транспортно-установочного агрегата. В МИКе размещены: испытательное оборудование и оборудование для кантования, хранения и транспортировки блоков РН (кран-балки, стыковочно-испытательные агрегаты, ангаро-складские средства - площадки с ложементами) (рисунок 3).

На Космодроме «Восточный» МИК РН и МИК КА имеют отдельные сооружения, соединенные между собой трансбордерной галереей.

Транспортно-установочный агрегат (ТУА) – агрегат, смонтированный на железнодорожной платформе, предназначенный для транспортировкисобранной РКН с технического комплекса на стартовый комплекс в горизонтальном положении и установки РКН в вертикальное положение на опоры стартовых сооружений (рисунок 4).

Рисунок 3 – МИК РН со стороны трансбордерной галереи

Рисунок 4 – «Союз 2.1 б» на ТУА

Монтажно-испытательный комплекс КА (МИК КА) – помещение дляпроведения работ с КА и РБ по их техническому обслуживанию, испытаниям и сборке. Помещение имеет систему вентиляции и увлажнения/осушения для обеспечения ТВР, необходимых для проведения работ с КА и РБ. Помещение оснащено железнодорожными рельсами для движения транспортировочных платформ. В МИКе размещено монтажно-технологическое, испытательное оборудование и оборудование для кантования, хранения и транспортировки КА и РБ (кран-балки, стыковочно-испытательные агрегаты, ангаро-складские средства - площадки с ложементами).

Заправочно-нейтрализационная станция (ЗНС) КА и РБ – комплекс помещений для заправки компонентами топлива баков КА и РБ. Здесь размещаются хранилища компонентов и насосная станция для их подачи. В случае отказа запуска или его перенесения на более поздние сроки топливо из баков КА и РБ сливается при помощи системы для нейтрализации топлива. Все объекты станции оснащены системой вентиляции и системой обеспечения ТВР.

В состав ТК входят также сооружения хозяйственного назначения:

- для обеспечения пожарной безопасности - пожарное депо;
- для обеспечения тепловой энергией и электричеством - котельные, насосные итрансформаторные подстанции;
- для организации и логистики движения - эстакады, места стоянки и хранения спец.автомобилей.

Контрольные вопросы:

1. Рассказать, что представляет собой ТК, каково его назначение.
2. Укажите, какие здания и сооружения входят в состав ТК?
3. Для чего предназначен склад блоков РН?
4. Расскажите назначение трансбордерной галереи, а также оснащение.
6. Для чего предназначен МИК? Какие системы и оборудование имеется в составе МИК для работы с РН, КА и РБ? В чем состоит особенность данного сооружения на космодроме «Восточный»?
7. Для чего предназначен ТУА?
8. Расскажите назначение и оснащение ЗНС.
9. Какие сооружения хозяйственного назначения входят в состав ТК?

Практическая работа №2

Стартовый комплекс

Цель работы– ознакомиться с назначением и обустройством стартового комплекса РКН «Союз-2» и его основных элементов.

Стартовый комплекс (СК) — составная часть и основной технологический объект космодрома, представляющий собой специально оборудованную территорию, оснащенную стационарными и подвижными техническими средствами и сооружениями, а также технологическими и общетехническими системами.

Весь этот многочисленный и уникальный комплекс оборудования обеспечивает транспортировку, установку в стартовое устройство РН с КА, заправку компонентами топлива и сжатыми газами, предстартовые проверки, подготовку к пуску и пускРКН.

Состав СК представлен на рисунке 5.

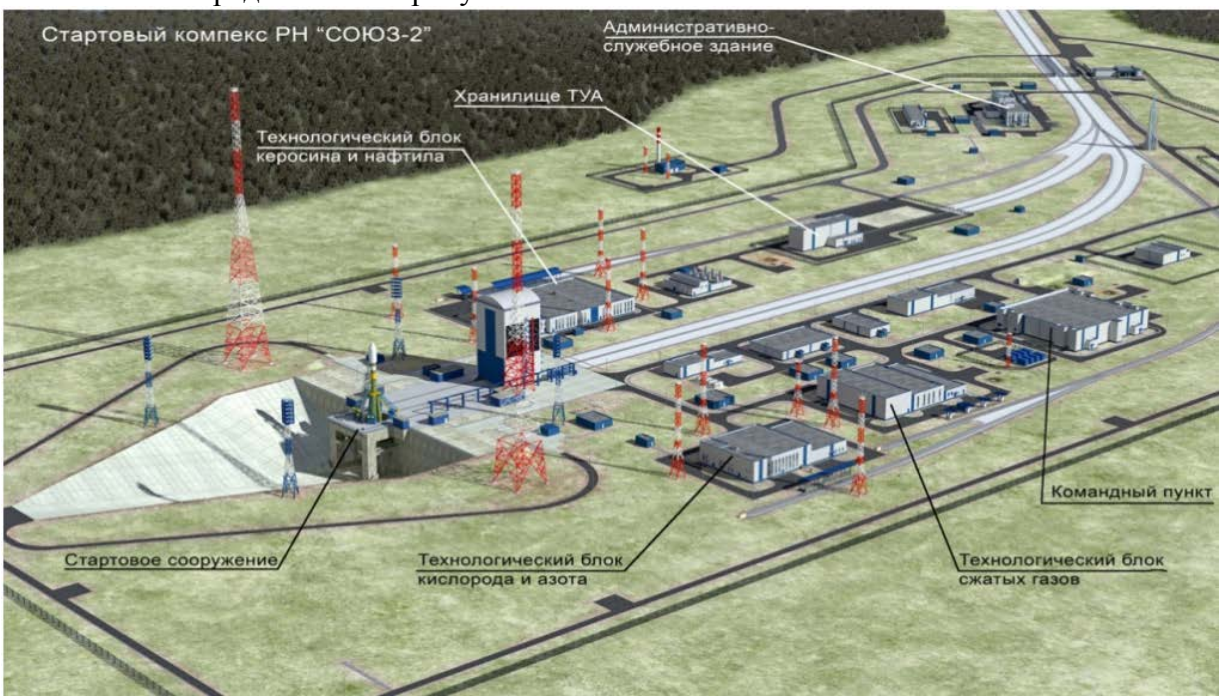


Рисунок 5 – Объекты стартового комплекса

Стартовое сооружение – объект космодрома, который предназначен для установки РН на стартовой площадке, её обслуживания, заправки и пуска (рисунок 6).

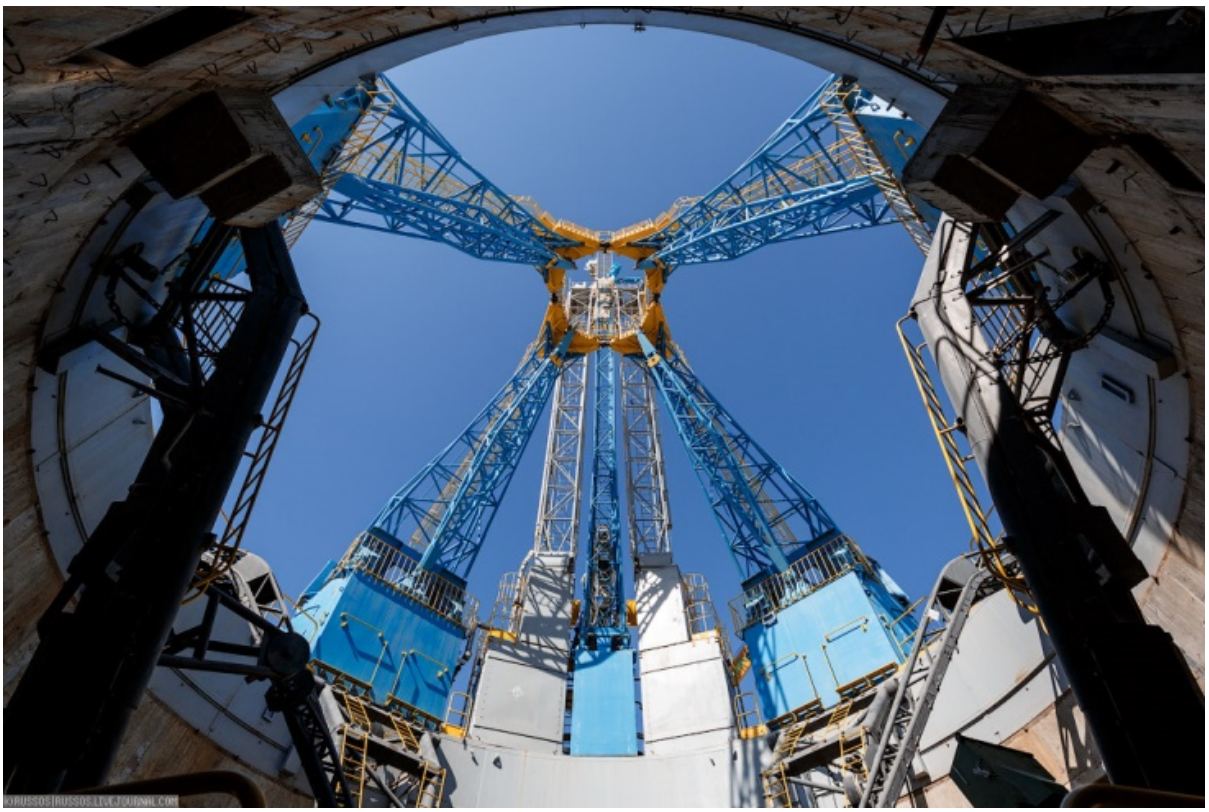


Рисунок 6 – Стартовое сооружение

Сливной перрон компонентов ракетного топлива (КРТ) и сжатых газов – технологическое сооружение для принятия компонента, предназначенного для заправки на борт РН и КГЧ, доставляемого с завода изготовителя (или объекта космодрома) посредством железнодорожного транспорта.

Технологический блок КРТ и сжатых газов представляет собой сооружение для хранения и заправки на борт РН соответствующего компонента. В блоке размещаются компрессорная, насосная станции, а также оборудование для поддержания заданной температуры КРТ.

Мобильная башня обслуживания (МБО) представляет собой несущую металлоконструкцию,собранную из отдельных плоских и пространственных металлических ферм. В своем составе мобильная башня обслуживания содержит транспортные тележки, распашные ворота, лестницы, а также подвижные и неподвижные площадки обслуживания (рисунок 8).

Рисунок 8 – Мобильная башня обслуживания

Для защиты обслуживающего персонала и установленной на стартовой позиции ракеты от внешних факторов, МБОоснащена крышей и имеет внешнюю обшивку. Для обеспечения необходимых условий труда МБО имеет электрическое освещение на площадках обслуживания, а также световые окна во внешней обшивке для естественного освещения в светлое время суток. Мобильная башня обслуживания позволяет вести вертикальную сборку ракеты-носителя и головной части.

Мачты освещения – пространственные ферменные конструкции, оснащенные лампами искусственного освещения прожекторного типа. Позволяют вести работы, связанные с подготовкой и запуском РН в темное время суток.

Молниеотводы (диверторы) –пространственные ферменные конструкции, предназначенные для защиты стоящей на старте РН от воздействия статического заряда электричества (молнии).

Командный пункт – место размещения командного состава расчета, осуществляющего подготовку и запуск РН. Также на СК присутствует большое количество хозяйственных построек:

- котельных для отопления основных объектов СК;
- электрических подстанций для обеспечения объектов электроэнергией, насосных и вакуумных подстанций;
- хранилище ТУА предназначенное для хранения транспортно-установочного агрегата (рисунок 7).

Рисунок 7 – Хранилище ТУА

Помимо хозяйственных построек на СК размещены административно-служебное здание, объекты противопожарной охраны и т.д.

Контрольные вопросы:

1. Рассказать, что представляет собой СК, каково его назначение.
2. Укажите, какие здания и сооружения входят в состав СК?
3. Для чего предназначено стартовое сооружение?
4. Для чего предназначен сливной перрон компонентов ракетного топлива (КРТ) и сжатых газов?
5. Что представляет собой технологический блок КРТ и сжатых газов? Какие системы и оборудование имеется в его составе?
6. Что представляет собой МБО? Какое оборудование имеется в ее составе?
7. Чем оснащена МБО для защиты и обеспечения необходимых условий труда обслуживающего персонала?
8. Для чего предназначены мачты освещения и молниеотводы?
9. Для чего предназначен командный пункт и какие еще сооружения присутствуют на СК?

Практическая работа №3

Стартовое сооружение

Цель работы – изучить устройство и принцип работы стартового сооружения.

Функционально стартовое сооружение включает в себя такие структурные единицы:
- стартовый стол, фермы-опоры;
- верхнюю и нижние кабель-мачты;
- кабель-заправочную мачту и направляющие устройства;
- газоход и газоотводный лоток.

Стартовый стол – железобетонное сооружение, предназначенное для размещения на нем РН с космической головной частью (КГЧ) и элементов стартового сооружения. В своем составе

стартовый стол имеет кабину обслуживания, а также системы хранения, термостатирования и заправки КРТ (рисунок 8).

Рисунок 8 – Стартовый стол

Фермы-опоры — четыре связанные пространственные ферменные конструкции (рисунок 9),состоящие из секторов верхнего силового пояса (2), несущих стрел (4), опорных ферм (3) и их оснований (7), а также направляющих устройств (6) образующих нижний силовой пояс. Основания опорных ферм размещаются на опорном кольце (8), жестко связанном со стартовым столом.

В сведенном состоянии опорные фермы образуют силовой пояс, на который передаются нагрузки от РКН (1) в период предстартовой подготовки. Раскрытие секторов силового пояса осуществляется вращательным движением опорных ферм, возникающим от хода РКН в начале её старта, (что необходимо для обеспечения ее беспрепятственного движения) и происходит, в дальнейшем, под действием сил тяжести грузов (противовесов), размещаемых на конструкциях опорных ферм. Для снижения динамических нагрузок на конечных участках движения опорных ферм предусмотрено их торможение посредством гидравлических буферов (5).

Элементы ферм-опор приведены на рисунке 10.

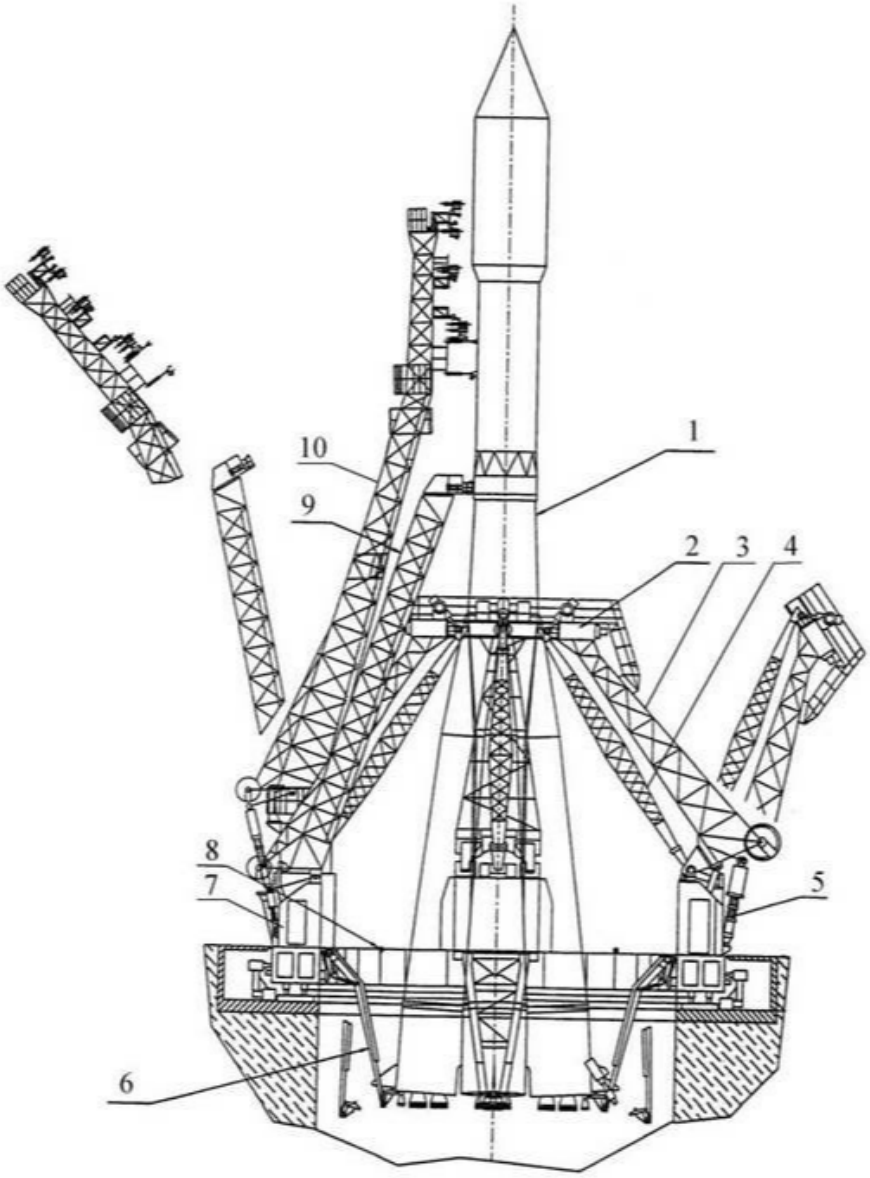
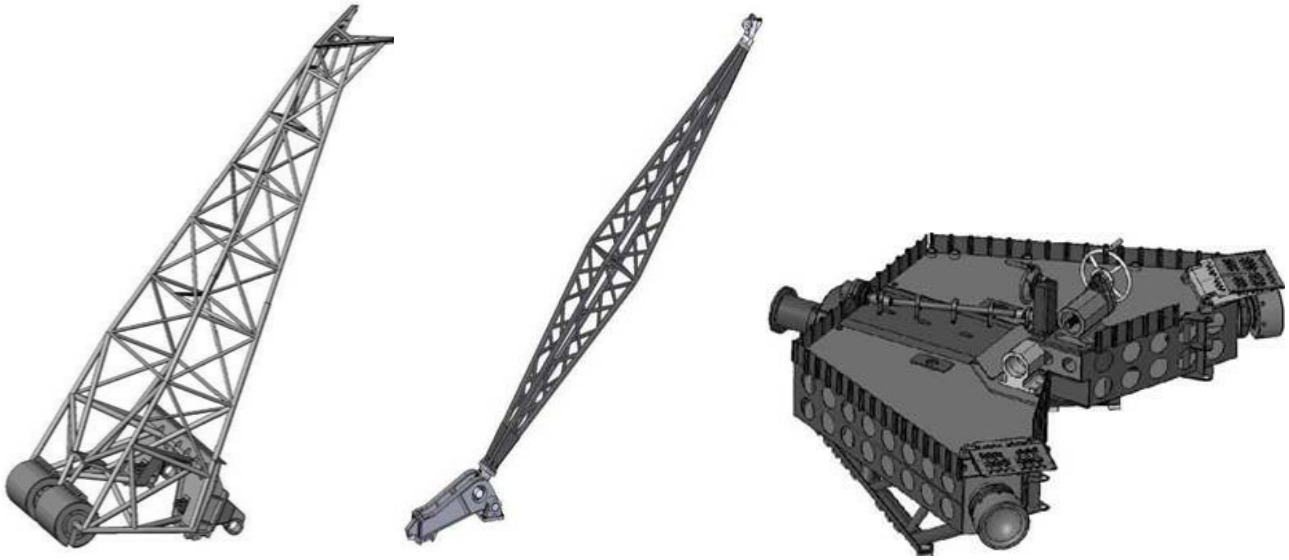


Рисунок 9 – Схема ферм стартового сооружения



а) б) в)

Рисунок 10 – Элементы ферм-опор:
а) Опорная ферма с противовесами; б) Несущая стрела; в) Сектор силового пояса

Верхняя кабель-мачта (рисунок 9, поз. 9) — пространственная ферменная конструкция,предназначенная для передачи электропитания РКН от источников тока на земле при предстартовой подготовке. Крепление верхней кабель-мачты осуществляется к опорному кольцу (рисунок 9, поз 8). Отстыковка верхней кабель мачты осуществляется за несколько секунд до старта и отвод её от РКН осуществляется под действием сил тяжести грузов (противовесов), размещаемых на верхней кабель-мачте. Для снижения динамических нагрузок на конечном участке движения верхней кабель-мачты предусмотреноеё торможение посредством гидравлического буфера.

Кабель-заправочная мачта (рисунок 9, поз.10) - пространственная ферменнаяконструкция, предназначенная для подачи компонентов топлива в баки ракеты, компонентов в систему обеспечения ТВР отсеков и КГЧ, в систему наддува баков, в системы жизнеобеспечения (для РН с пилотируемым космическим кораблем) и т.д. Также используется для заправки баков КГЧ компонентами топлива. Отделение кабель заправочной мачты происходит за несколько секунд до старта РН (до отделения верхней кабель мачты).

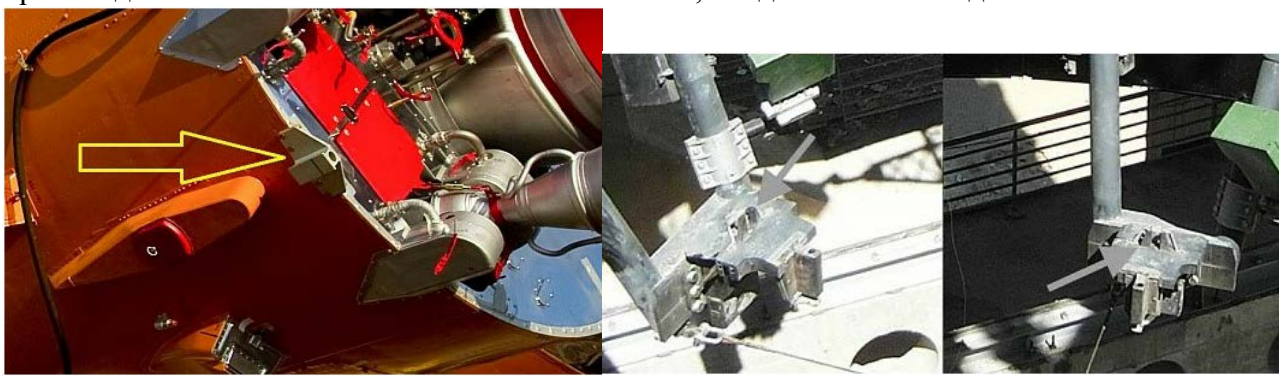
Нижние кабель-мачты (рисунок 11) — две пространственные ферменные конструкции,предназначенные для подвода электрического питания к разъемам РН на нижних срезах хвостовых отсеков первой ступени. Шарнирное крепление нижних кабель-мачтосуществляется к опорному кольцу (рисунок 9, поз 8). Нижние кабель мачты связаны с направляющими устройствами (рисунок 11). Отстыковка нижних кабель матч от ракеты-носителя осуществляется совместно с направляющими устройствами «ходом» РН в начальный момент движения.

Рисунок 11 – Нижние кабель-мачты и направляющие устройства

Направляющие устройства (нижний силовой пояс) (рисунок 9, поз 6) — четыре пространственные ферменные конструкции, фиксирующие хвостовую часть РН во время нахождения её на стартовом сооружении и в начальный момент движения при пуске.

Для стыковки с РН на концах направляющих устройств и на нижней части хвостовых

отсеков блоков первой ступени РН предусмотрены посадочные места типа «ласточкин хвост» (рисунок12). Шарнирное крепление направляющих устройств осуществляется на силовом кольце (рисунок 9, поз 8). Отделение направляющих устройств (нижнего силового пояса) происходит совместно с нижними кабель-мачтами, «ходом» в момент движения РН.



«Ласточкин хвост» на ракете «Ласточкин хвост» на направляющем устройстве

Рисунок 12 –Посадочные места РН

Газоход и газоотводный лоток – железобетонные сооружения, предназначенные для отвода продуктов сгорания при работе ракетного двигателя с целью снижения газодинамических и тепловых воздействий на стартовое сооружение и РН.

Контрольные вопросы:

1. Какие структурные единицы включает в себя стартовое сооружение? Укажите их по рисунку 9.
2. Для чего предназначен стартовый стол? Какое он имеет оснащение?
3. Что включают в себя фермы-опоры?
4. Объясните принцип работы ферм-опор (сведение, раскрытие). Что предусмотрено для снижения динамических нагрузок?
5. Для чего предназначена верхняя кабель-мачта? Как происходит ее крепление к стартовому сооружению и отстыковка от РН?
6. Для чего предназначена кабель-заправочная мачта? Как происходит ее крепление к стартовому сооружению и отстыковка от РН?
7. Для чего предназначена нижняя кабель-мачта? Как происходит ее крепление к стартовому сооружению и отстыковка от РН?
8. Что представляют собой направляющие устройства? Как происходит их крепление к стартовому сооружению? Что предназначено для их крепления к РН и как происходит отстыковка?
9. Что представляют собой газоход и газоотводный лоток?

Практическая работа №4

Мобильная башня обслуживания. Стенд-старт

Цель работы – изучить устройство и принцип работы мобильной башни обслуживания и стенд-старта МТКС «Энергия-Буран».

Мобильная башня обслуживания (МБО) - сооружение, входящее в состав стартовогокомплекса, предназначенное для проведения плановых работ по подготовке к пуску ракет космического назначения (рисунок 13).

МБО обеспечивает доступ персонала, подачу приборов и приспособлений ко всем системам ракеты-носителя, когда РН находится в вертикальном положении на стартовомстоле

космодрома. В функции МБО также входит обеспечение защиты установленной изаправленной РКН от воздействий окружающей среды.

В своем составе МБО имеет системы подъема персонала, аппаратуры и приспособлений,систему быстрой эвакуации персонала, подвижные и неподвижные площадки обслуживания, систему открытия ворот и створок, сами ворота и створки, систему отвода паров кислорода от ракеты, и вспомогательные системы - насосные агрегаты и систему электроснабжения для обеспечения выполнения монтажных и обслуживающих работ.

Конструктивно МБО представляет собой пространственную ферменную конструкцию квадратную в плане. Высота МБО составляет 52 м, по высоте расположены площадки обслуживания, самая верхняя из которых размещается на высоте 37 м. Вес МБО достигает 1,6 тысячи тонн.

Рисунок 13 – МБО без внешней обшивки:
1 - подъемное устройство для персонала (лифт), 2 -ворота для прохождения ТУА при доставке РКН на старт; 3 - лестничные пролеты; 4 неподвижные площадки обслуживания;
5 - подвижные площадки обслуживания. СтворкиМБО не показаны.

Для защиты от внешних воздействий на РКН снаружи ферменная конструкция МБО закрыта листовым металлом, а сверху предусмотрена крыша (рисунок 14).

Рисунок 14– МБО (вид со стороны, противоположной стартовым сооружениям).
Видны открытые ворота со стороны стартового стола и закрытые - с обратной стороны.

Для подъема на площадки обслуживания, в составе МБО предусмотрены подъемные устройства - лифты, а также лестничные пролеты. Лестничные пролеты и лифты для удобства работ обслуживающего персонала размещены за пределами площадок обслуживания.

В пределах стартовых сооружений мобильная башня обслуживания перемещается подвум рельсовым путям на четырех тележках на электрической тяге. Скорость движения конструкции может достигать 12 метров в минуту. Длина рельсового пути - около 100метров, этот путь башня проходит примерно за 10 минут.

В момент доставки РКН на стартовый комплекс и установки её в стартовые сооружения, МБО находится на максимальном удалении от стартовых сооружений. ТУА с уложенной РКН, приводимый в действие мотовозом (тепловозом), минует башню обслуживания, через специальные ворота, предусмотренные конструкцией с двух сторон.

После установки РКН в стартовые сооружения и отвода ТУА в хранилище, МБО по рельсам наезжает на стартовые сооружения с установленной в них РКН. РКН заводится через открытые ворота (в нижней части) и специальные створки (в верхней части). Подвижные

площадки обслуживания в этот момент также открыты.

После остановки МБО подвижные площадки обслуживания смыкаются и фиксируются, затем закрываются створки и ворота (рисунок 15). На клапаны дренажа паров жидкого кислорода надеваются транзитные магистрали,отводящие пары кислорода за пределы башни обслуживания. Осуществляются все регламентные работы по обслуживанию РКН, её заправке и подготовке к старту.

При объявлении готовности к пуску, действия связанные с МБО проводятся в обратном порядке. В момент старта МБО находится на максимальном удалении от стартовых сооружений.

Рисунок 15 – МБО. Площадка обслуживания:

1 - неподвижная площадка обслуживания; 2 - подвижная площадка обслуживания;
3 - верхние створки МБО

Универсальный комплекс стенд-старт - комплекс сооружений, предназначенный дляпроведения огневых, стендовых испытаний ракетной техники на космодроме, сборке и подготовке РН к пуску, а также пуск РКН. Иными словами, стенд-старт позволяет перенести экспериментальную и стендовую базу в район космодрома, для исключения транспортировки блоков с завода-изготовителя на космодром.

Состав стенд-старта аналогичен составу СК и ТК «классического» космодрома и содержит те же объекты, за исключением того, что в составе объектов стенд-старта, присутствуют здания и помещения, необходимые для проведения огневых стендовых, проливочных, приемо-сдаточных испытаний ракетных двигателей как отдельно, так и в составе блоков РН.

Помимо этого, в составе стенд-старта применяется стартово-стыковочный блок, который предназначен для установки РН в стартовое положение и стыковки РН со стартовыми коммуникациями. Стартово-стыковочный блок (ССБ) представляет собой структурную единицу стартового комплекса, которая размещена на стартовом столе.

Стартово-стыковочный блок состоит из:

- плиты с огневыми окнами, которые после установки РН совмещаются с газоходом и газоотводным лотком стартового комплекса;
- автоматов поворота ССБ;

- колодками слепой стыковки электрических и пневмогидравлических связей с «землей», призванных заменить заправочнуюи электрические кабель-мачты «классического» стартового комплекса.;

- элементов силового удержания РН на старте.

ССБ комплекса «Энергия-Буран» приведен на рисунках 16 и 17.

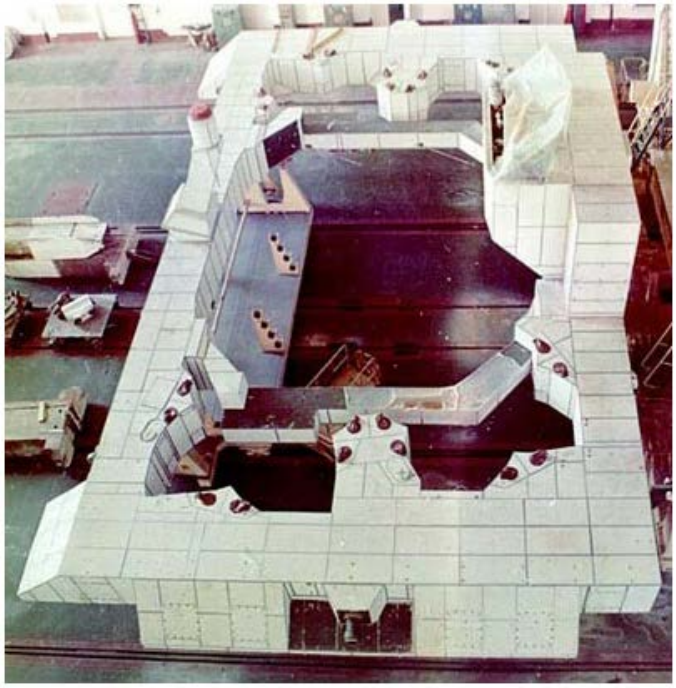


Рисунок 16 - Стартово-стыковочный блок комплекса «Энергия-Буран»

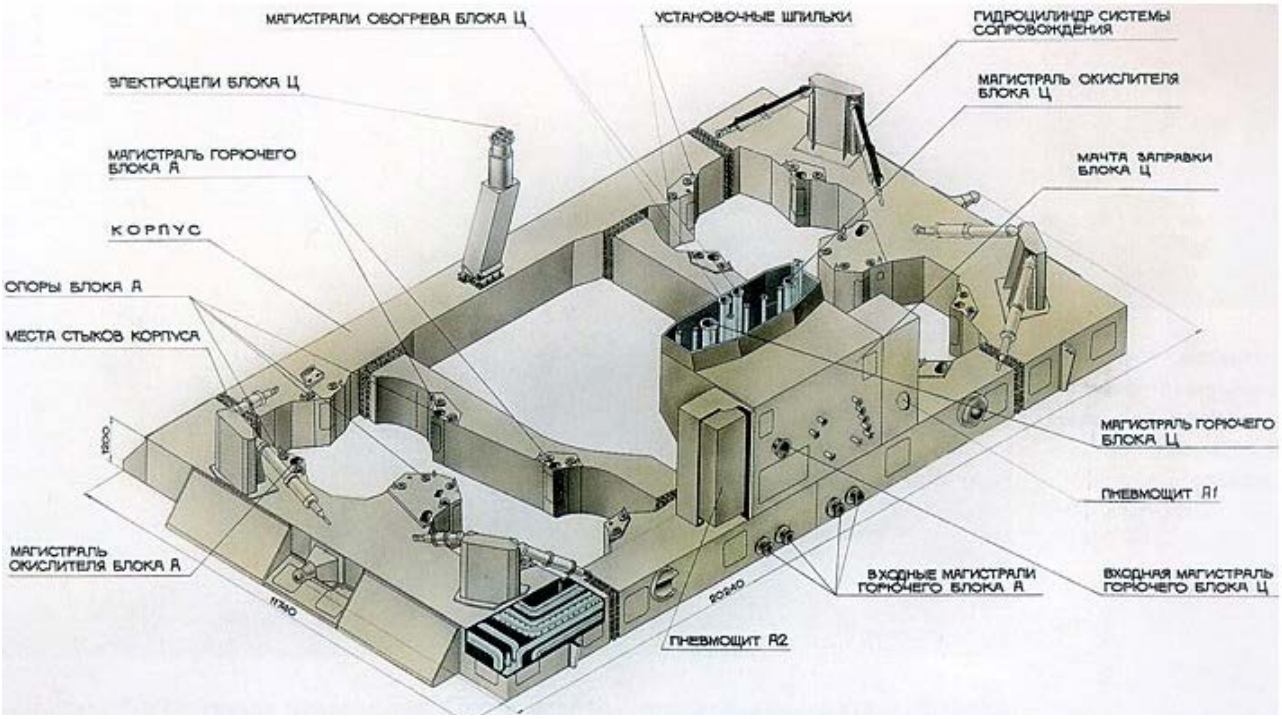


Рисунок 17 - Стартово-стыковочный блок комплекса «Энергия-Буран»

Контрольные вопросы:

1. Расскажите назначение и функции МБО.
2. Какие системы и оборудование имеет в своем составе МБО?
3. Что представляет собой МБО? Назовите характеристики (высота, вес), а также основные элементы конструкции (рисунок 13).

4. Что предусмотрено для защиты РКН от внешних воздействий, а также для подъема персонала на площадки обслуживания?

5. Как перемещается МБО в пределах стартовых сооружений? Назовите характеристики (скорость, длина, время).

6. Где находится МБО в момент доставки РКН на ТУА? Что происходит после установки РКН в стартовые сооружения?

7. Какие выполняются операции после остановки МБО? Какие последуют действия связанные с МБО при объявлении готовности к пуску?

8. Для чего предназначен универсальный комплекс стенд-старт?

9. Что входит в состав стенд-старта?

10. Что представляет собой ССБ и для чего он предназначен?

11. Из чего состоит ССБ?

Практическая работа №5

Нормальные условия пуска РКН. Безопасность СК при аварийном запуске РКН. Выдача команды аварийного выключения двигателя

Цель работы – ознакомиться с условиями пуска РКН, изучить особенности обеспечения безопасности СК и последовательность действий при выдачи команды аварийного выключения двигателя с пилотируемым и грузовым кораблями.

Нормальные условия пуска РКН

Каждому пуску ракеты-носителя задаются нормальные условия окружающей среды, при котором запуск РКН состоится, и при отсутствии которых пуск должен быть отложен. Хотя, в практике отечественного ракетостроения существуют случаи, когда запуски РКН проводились при отсутствии НУП (нормальные условия пуска). Примером такого отступления от правил может служить запуск ракеты носителя «Энергия» с орбитальным кораблем (ОК) «Буран» в качестве полезной нагрузки, при запуске которых было объявлено штормовое предупреждение, а при возвращении на ОК «Буран» воздействовали порывы ветра скоростью до 19 м/с. Тем не менее, запуск был осуществлен, и автоматика РН и ОК справились с возмущениями окружающей среды.

В составе каждого космодрома имеется метеорологическая площадка (станция), которая отслеживает и прогнозирует температуру и влажность воздуха, скорость ветра, не только в приземном слое, но и на высоте до 30 км, а также величину атмосферного давления. Температура воздуха определяется по данным показаний термометров.

В состав метеостанции могут входить термометры различных видов: жидкостные,деформационные и электрические. Принцип действия жидкостных термометров основан на свойстве жидкости изменять объем при повышении или понижении температуры. В основу действия деформационных термометров положена пластинка из двух металлов (биметалл) с различными коэффициентами теплового расширения. Принцип действия электрического термометра основан на изменении электропроводности или электродвижущей силы тел с изменением температуры.

Для непрерывной регистрации изменений температуры воздуха на метеостанции применяется термограф (рисунок 18). Принцип работы термографа основан на принципе изменения линейных размеров твердых тел с изменением температуры воздуха во времени.

Деформация чувствительного элемента (биметаллической пластинки) с помощью передаточного механизма преобразуется в перемещение стрелки с пером подиаграммнойленте, закрепленной на барабане. Вращение барабана осуществляется часовым механизмом.

Регистрация параметра осуществляется на бумажной ленте в виделоманой линии (графика) зависимости температуры от времени.

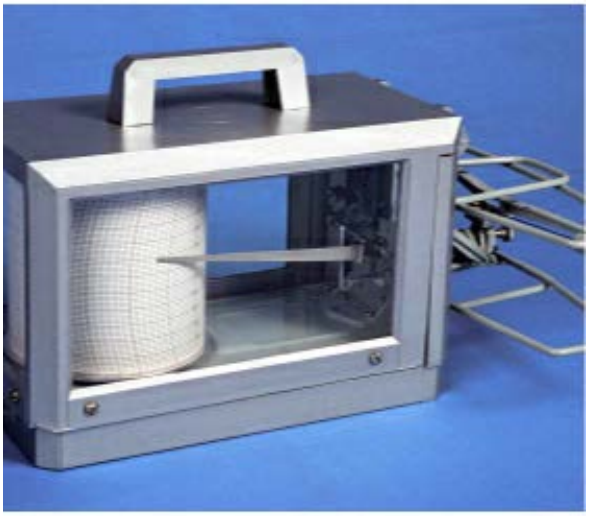


Рисунок 18 – Термограф

По аналогичному принципу работает и прибор для непрерывной регистрацииатмосферного давления - барограф. Для определения мгновенных значений атмосферного давления применяются барометры. Для определения влажности воздуха гигрометры.

Одними из важнейших параметров окружающей среды, которые подвергается контролю и регистрации, являются - направление и скорость ветра. Для контроля скорости ветра применяются приборы под названием анемометры, для контроля скорости и направления анеморумбометры. Данные приборы измеряют скорость ветра в приземных слоях. Помимо определения значений скорости ветра в приземных слоях, для создания комплексного ветрового мониторинга в исследуемом районе необходимо располагать данными о климатических и аэроклиматических параметрах ветрового климата в слое атмосферы до высоты 30 км.

Для расчета ветровой нагрузки на ракетный комплекс важна информация о вращении ветра (поворот ветра с высотой). Из физических соображений следует, что в пределах приземного слоя, т.е. от уровня земли до высоты 30-50 м эффект вращения ветра с высотой отсутствует.

Поскольку сведения о характере вертикальной изменчивости параметров ветра в нижнем приземном слое атмосферы необходимы для оценки атмосферных воздействий на РКН находящийся в стадии подготовки к запуску либо непосредственно в период его старта проводится изучение особенностей распределения ветрового режима в упомянутом атмосферном подслое в условиях различных метеорологических режимов.

Величина воздействия ветровых нагрузок на РН в условиях стартовых сооружений и полета обуславливается множеством факторов: проницаемостью для движения воздушных масс стартовых сооружений, «парусностью» ракеты-носителя и множеством других. На стадии проектирования РН и стартового комплекса оцениваются, в том числе, и ветровые нагрузки.

Нормальными условиями пуска для существующихРН являются:

- скорость ветра не больше 15 м/с;
- температура воздуха от минус 40 до плюс 40;
- влажность воздуха - до 80%.

Высокие значения температуры и влажности воздуха объясняются наличием систем термостатирования и систем по поддержанию необходимого уровня влажности в отсеках с аппаратурой и КГЧ.

Безопасность СК при аварийном запуске РКН

Основные отказы и аварии при пуске РН возникают попричине двигателя, а именно - несоответствия параметра, снимаемого с датчика двигателя параметру, с номинальным значением. В этом случае система управления РН выдает команду на автоматическое выключение двигателя (АВД).

В зависимости от момента возникновения аварийной ситуации и выдачи системой управления команды на АВД различают следующие виды:

- аварийное выключение двигателя при предстартовых операциях - подготовке двигателя к запуску (несоответствие параметров, выявленное при опросе датчиков двигателя при предстартовой подготовке двигателя);

- аварийное выключение двигателя на первых секундах полета и работы двигателя (несоответствие параметров, выявленное при опросе датчиков двигателя на работающем двигателе);

- аварийное выключение двигателя после ухода РКН на безопасное расстояние от СК (более 2500 метров).

Основной задачей при аварии РКН при подготовке или запуске является спасение от разрушения сооружений стартового комплекса и, по возможности, ракеты-носителя.

Выключение двигателя осуществляется по одному и тому же алгоритму. Разница же заключается при дальнейшей логике выдачи команд от системы управления.Операции при выдаче команды АВД:

1) Выдается команда АВД от системы управления.

2) Выдается команда на задействование привода регулятора расхода горючего. Происходит закрытие регулятора расхода.

3) Осуществляется продувка газогенератора азотом.

4) Выдается команда на закрытие клапана горючего.

5) Выдается команда на продувку камеры сгорания.

6) Для момента времени «Нахождение РКН на старте» (до пуска двигателя) – подается команда на слив пускового горючего. Пусковое горючее сливается через специальный штуцер из пусковых ампул.

Выдача команды аварийного выключения двигателя

При предстартовых операциях - подготовке двигателя к запуску

1) Система управления прекращает предпусковые операции по подготовке всех двигателей к запуску.

2) После проверки и устранения причины АВД необходимо продолжить проводить предстартовую подготовку к запуску всех двигателей.

На первых секундах полета РН с пилотируемым кораблем(рисунок 19)

1) Выдается команда на срабатывание системы аварийного спасения корабля (САС);

2) Срабатывает нижний пояс твердотопливных двигателей штанги САС.

3) Корабль отделяется от РН, уводится на безопасное расстояние;

4) Срабатывает верхний пояс тормозных твердотопливных двигателей штанги САС, отделяется штанга САС, открывается парашют, обеспечивающий мягкую посадку корабля.

5) Одновременно со срабатыванием системы аварийного спасения корабля выключаетсяаварийный двигатель. Остальные двигатели переводятся на режим форсирования и уводят ракету от стартовых сооружений.

За пределами стартовых сооружений для РН с пилотируемым кораблем

Если ракета отошла на безопасное расстояние от стартовых сооружений (более 2500 м), ипрошла команда АВД от системы управления - выключается аварийный двигатель.

Если команда АВД прошла при работе двигателей первой ступени - алгоритм команд, выдаваемый системой управления такой же, как при аварии в пределах стартовых сооружений:

1) Срабатывает САС, уводя пилотируемый корабль на безопасное расстояние.

2) Оставшиеся двигатели приводят РН в аварийную зону падения (форсируя или дросселируя).

Если команда АВД прошла при работе двигателей второй ступени (блоки первой ступени отделились, вместе с ними отделилась и САС, а также створки головного обтекателя пилотируемого корабля):

1) Происходит отделение спускаемого аппарата и его посадка на парашюте.

2) Блок второй ступени падает, частично разрушаясь в плотных слоях атмосферы.

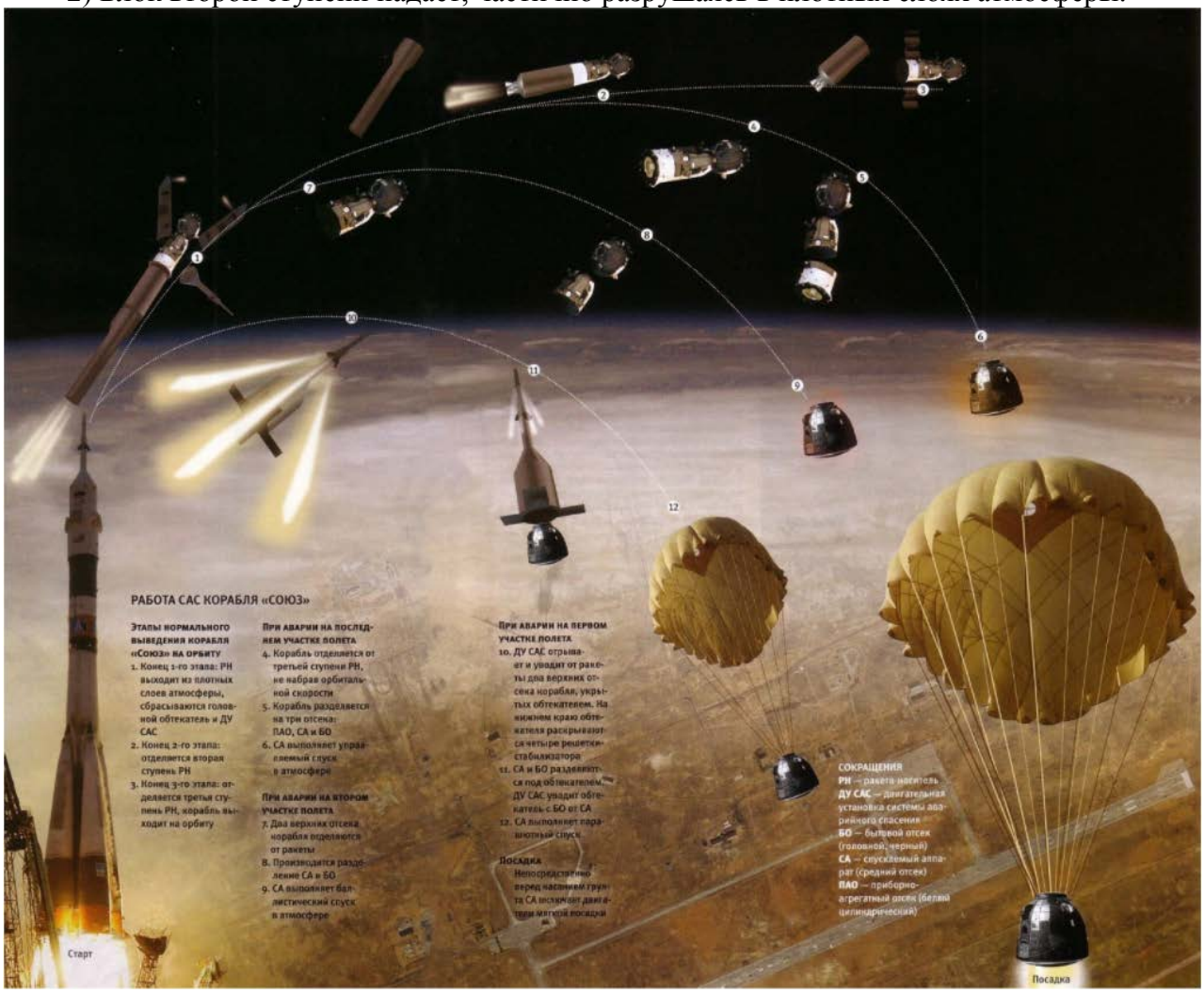


Рисунок 19 – Работа системы аварийного спасения корабля

На первых секундах полета РН с грузовым кораблем

1) Выключается аварийный двигатель.

2) Остальные двигатели переводятся на режимфорсирования и уводят ракету-носитель вместе с КГЧ от стартовых сооружений.

За пределами стартовых сооружений для РН с грузовым кораблем

Если ракета отошла на безопасное расстояние от стартовых сооружений (более 2500 м), ипрошла команда АВД от системы управления - выключается аварийный двигатель.

Если команда АВД прошла при работе двигателей первой ступени и выполнение задачиполета невозможно - оставшиеся двигатели (форсируя или дросселируя) приводят РН спристыкованным КА в аварийную зону падения.

Если выполнение задачи частично или полностью возможно:

1) Оставшиеся двигателифорсируются и работают до окончания топлива;

2) Затем ступень отделяется и реализуетсяциклограмма работы последующих ступеней с полностью или частичным выполнениемзадачи полета.

Если команда АВД прошла при работе двигателей второй ступени (блоки первой

ступениотделились, вместе с ними отделились створки головного обтекателя корабля) - РН вместе с пристыкованным КА падает, частично разрушаясь в плотныхслоях атмосферы.

Если же в составе второй ступени РН двигателей больше или равно 2 и выполнениезадачи полета возможно или частично возможно, то оставшиеся двигатели форсируютсяи РН выполняет или частично выполняет задачу полета.

Контрольные вопросы:

1. Для чего предназначена метеорологическая станция на космодроме?
2. Какие термометры входят состав метеостанций? Опишите принцип действия.
3. Какой прибор применяют для непрерывной регистрации изменений температуры воздуха? Опишите принцип действия.
4. Какие приборы применяют для непрерывной регистрации изменений атмосферного давления и влажности воздуха?
5. Назовите одни из важнейших параметров окружающей среды подвергающихся контролю. Какие приборы используются для их отслеживания?
6. Информация о каком параметре окружающей среды важна для расчета ветровой нагрузки? Какими факторами обуславливается величина воздействия ветровых нагрузок на РНв условиях стартовых сооружений?
7. Какие НУП для существующих РН? Чем объясняются высокие значения температуры и влажности?
8. По какой причине возникают основные отказы и аварии при пуске РН? Что в этом случае выдает система управления РН?
9. Какие существуют виды АВД?
10. Какова основная задача при аварии РКН при подготовке или запуске? По какому алгоритму осуществляется выключение двигателя?Назовите перации при выдаче команды АВД.
11. Какой алгоритм действий после выдачи команды АВД при предстартовых операциях ина первых секундах полета РН с пилотируемым кораблем?
12. Какой алгоритм действий после выдачи команды АВД за пределами стартовых сооружений для РН с пилотируемым кораблем?
13. Какой алгоритм действий после выдачи команды АВД при предстартовых операциях ина первых секундах полета РН с грузовым кораблем?
14. Какой алгоритм действий после выдачи команды АВД за пределами стартовых сооружений для РН с грузовым кораблем?

Практическая работа №6

Логистика космодрома

Цель работы – проработать последовательность действий в виртуальной симуляции работы систем монтажа и логистики РН различной схемы от момента доставки на космодром с завода-изготовителя до момента пуска ракеты-носителя с обязательными операциями по сборке РН, установке на стартовой площадке, заправке, обслуживанию, предстартовой подготовке и пуску РН «Союз-2» с Космодрома «Восточный».

Оборудование – Виртуальная дидактическая модель «Термогазодинамика СК ракет».

Особенности проведения лабораторной работы:

Основные кнопки и элементы управления:

• Для смены направления обзора и передвижения по виртуальной среде космодрома используйте клавиатуру и компьютерную мышь;

• Для начала передвижения элементов используется кнопка;

• Нажатие данной кнопки запускает виртуальную анимацию, обзор которой можно изменять в реальном времени;

• Также перемещение отдельных элементов может осуществляться с помощью перетаскивания курсором;

• При нажатии и удержании на некоторые элементы их первоначальное положение изменяется, выбранный элемент визуализируется "в разрезе";

• Для открытия диалогового окна журнала испытаний, нажмите , проведите нужные испытания, выбрав их из списка. По окончании испытаний нажмите "закрыть0";

• Для проведения остальных операций назначены индивидуальные кнопки, например для заправки разгонных блоков применяется кнопка ;

По окончании лабораторной работы откроется окно, содержащее описание допущенных ошибок.

Примечание. Приступать к лабораторной работе после ознакомления с теорией и основной последовательностью проведения работ от момента доставки запчастей на космодром с завода-изготовителя до момента пуска ракеты-носителя.

Порядок выполнения:

Действия на ТК

1) Принятие с завода изготовителя сборок РН и размещения их в склад блоков РН;

2) Проведение всего комплекса работс блоками РН, по их техническому обслуживанию, испытаниям и сборкев МИК РН:

а) Провести выгрузку из склада и разместить следующие сборки РН:

- 4 блока первой ступени;
- Вторую ступень – бак горючего (БГ);
- Вторую ступень – бак окислителя (БО);
- Третью ступень.

б) Провести испытания входного контроля РН и автономные испытания приборов и оборудования РН;

в) Произвести сборку РН на ТУА:

1. Установка БГ второй ступени на ТУА;
2. Стыковка БО второй ступени с БГ;

3Стыковка 4-х блоков первой ступени со второй ступенью;

4. Стыковка третьей ступени с БО второй ступени.

3) Проведение всего комплекса работс КА и РБ, по их техническому обслуживанию, испытаниям и сборке в МИК КА:

а) Провести выгрузку из склада и доставить в МИК КА при помощи трансбордерной галерей следующие сборки РН:

- Адаптер полезной нагрузки (АПН);
- Разгонный блок «Фрегат»;
- КА;
- Головной обтекатель (ГО).

б) Переместить КА в чистую зону;

в) Провести испытания входного контроля КА и автономные испытания приборов и оборудования КА;

г) Провести сборку космической головной части (КГЧ) на стапеле:

1. Установить (АПН);
2. Пристыковать РБ «Фрегат» к АПН;
3. Стыковка КА с РБ.

д) Переместить сборку со стапеля на грузовую машину и отправить на ЗНС;

е) Произвести заправку РБ КА;

ж) Установить сборку обратно на стапель и перевести в горизонтальное положение;

з) Произвести стыковку с ГО;

и) При помощи трансбордерной галерей перевести сборку КГЧ в МИК РН.

4) Произвести стыковку КГЧ с РН;

5) Провести пневмоиспытания РН и комплексные испытания бортовых систем РН.

Действия на СК

1) Доставка КРТ на СК:

а) Доставить керосин с завода изготовителя в технологические блоки керосина;

б) Произвести заправку технологических блоков керосина через сливные перроны;

в) Отвести мотовоз с цистерной обратнона завод керосина;

г) Доставить кислород/азот с завода изготовителя в технологические блоки кислорода/азота;

д) Произвести заправку технологических блоков кислорода/азота через сливные перроны;

е) Работа компрессорной подстанции по заполнению технологического блока сжатых газов

ж) Отвести мотовоз с цистернами обратно на кислородно-азотный завод.

2) Доставка ТУА с РН из ТК на стартовую площадку;

3) Установка РКН в стартовые сооружение путем поднятия стрелы ТУА;

5) Подвод ферм-опор верхнего и нижнего опорных поясов стартового стола;

6) Подвод нижней заправочнойкабель-мачты;

7) Подвод верхней заправочной кабель-мачты;

8) Опускание стрелы ТУА;

9) Отвод ТУА в хранилище;

Предстартовая подготовка к пуску РН

1) Подвод МБО. Монтаж подвижных площадок башни обслуживания;

2) Заправка РН компонентами из технологического блока керосина, посредством работы насосных станций из состава технологического обеспечения СК. Контроль заправки;

3) Заправка РН компонентами из технологического блока кислорода и азота, посредством работы насосных станций из состава технологического обеспечения СК. Контроль заправки;

4) Окончание заправки. Термостатирование отсеков, дренаж паров над компонентом, поддержание уровня заправочного объема компонентов;

5) Проверка технологического оборудования и технических систем стартовой позиции;

6) Предстартовая проверка бортовых систем РН – автономные и комплексные испытания;

7) Прицеливание РН – проверка сохранности основных геодезических направлений, наведение РН в базовое направление или плоскость стрельбы;

8) Отвод МБО.

Пуск РН

1) Набор готовности к пуску. Определение НУП;

2) Разрешить пуск, если НУП или отложитьпуск, дожидаясь НУП;

3) **Пуск РН**. Отстыковываются заправочная, верхняя и нижняякабель-мачты, отходят фермы-опоры, РН покидает стартовые сооружения;

4) Оценка работоспособности и технического состояния объектов СК. Цикл операций по подготовке СК к следующему пуску;

Контрольные вопросы:

1. Какая цель лабораторной работы?
2. Назовите основные работы, проводимые с РН на ТК.
3. Какая последовательность работ, проводимая с РН в МИК РН?
4. Какая последовательность работ, проводимая с КА и РБ в МИК РН?
5. Назовите основные работы, проводимые с РН на СК?
6. Какие работы проводятся для доставки КРТ на СК?
7. Какая последовательность работ по предстартовой подготовке к пуску РН?
8. Назовите основные процессы при пуске РН?

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

Самостоятельная внеаудиторная работа является отдельным этапом образовательного процесса и строится по определённому технологическому циклу, предполагающему следующую последовательность этапов проведения:

1. Планирование.
2. Отбор материала, выносимого на самостоятельную работу.
3. Методическое и материально-техническое обеспечение самостоятельной работы.
4. Постоянный мониторинг и оценка самостоятельной работы.

Критериями оценки результатов самостоятельной внеаудиторной работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- уровень сформированности умения использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- уровень сформированности общих знаний и умений;
- оформление материала в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Виды самостоятельной работы обучающихся:

– подготовка сообщений;
– составление таблиц
– работа с дидактическим материалом
– подготовка презентаций
– работа с дополнительной литературой
– работа с первоисточниками (конспектирование и реферирование);
– подготовка рефератов;
– работа с учебниками, справочниками, энциклопедиями.

Формы самостоятельной внеаудиторной работы и предлагаемые задания имеют дифференцированный характер, учитывают специфику изучаемого профессионального модуля, индивидуальные особенности студентов, специальность.

Для создания условий успешного выполнения самостоятельной работы студентов разработаны методические рекомендации для организации внеаудиторной самостоятельной деятельности.

Изучить основные термины и определения регламентирующие состав комплексов по подготовке летательных аппаратов их сборке, проверки, транспортировки и запуску.