

УДК 629.783.002.71

© Антипов А.И., Головенкин Е.Н., Окишев Е.А., Цайтлер А.В.  
Antipiev A.I., Golovenkin E.N., Okishev E.A., Tsaitler A.V.

## ТРАНСПОРТНЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОХРАННОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ЗАВЕРШАЮЩИХ ЭТАПАХ ИХ ПОДГОТОВКИ К НАТУРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

### TRANSPORT CONTAINERS AS MEANS OF MAINTENANCE OF SAFETY OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF AUTOMATIC SPACE VEHICLES AT THE FINAL STAGES OF THEIR PREPARATION FOR USING

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы сохранности технических параметров космического аппарата в течение его хранения и транспортирования на полигон запуска за счёт создания в транспортном контейнере комфортных условий по температуре, влажности, чистоте и механическим нагрузкам.

**Annotation.** Questions of safety of technical parameters of a space vehicle during its keeping and transportation to the launch pad due creations in the transport container of comfortable conditions on temperature, humidity, to cleanliness of environment and mechanical loadings are considered.

**Ключевые слова.** Космический аппарат, условия, контейнер, транспортирование, обеспечение, характеристики, система.

**Key words.** Satellite, conditions, container, transportation, assurance, characteristic, system.

Современный автоматический космический аппарат (АКА) – наукоемкое и высокотехнологичное изделие, на разработку и изготовление которого требуется множество людских, материальных и временных ресурсов. В целях повышения конкурентоспособности изготовитель стремится к минимизации затрат всех видов ресурсов с гарантированным обеспечением заявленных характеристик АКА в течение всех стадий его создания. Особенно эта проблема обостряется на завершающих этапах производства АКА, а именно на, пожалуй, самом критичном этапе – транспортирование готового изделия на космодром. На данном этапе необходимо не допустить ухудшения характеристик АКА.

Исторически сложилось так, что предприятия-изготовители и космодромы территориально и климатически удаленно расположены друг от друга. Для достав-

ки АКА предприятия-изготовители используют специализированные контейнеры, предназначенные для транспортирования изделий на полигоны запуска автомобильным, авиационным и железнодорожным видами транспорта, при этом в состав контейнера могут входить различные системы обеспечения.

Существовавшая до 1994 года в ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф.Решетнева» (далее – ОАО «ИСС») технология подготовки космических аппаратов к запуску предусматривала, после хранения и транспортирования АКА на космодром, проведение электрических испытаний в объеме, практически аналогичном объему, проводимому на заводе-изготовителе.

С этой целью на космодроме создавались технические комплексы (ТК) подготовки и испытаний АКА,

---

Антипов Александр Иванович – начальник лаборатории ОАО «ИСС», 8(39197)-6-44-70;

Головенкин Евгений Николаевич – доктор технических наук, профессор, начальник отдела ОАО «ИСС» 8(39197)-6-41-32;

Окишев Евгений Александрович – аспирант ГОУ ВПО «СибГАУ имени академика М.Ф.Решетнева», 8(39197)-6-44-70;

Цайтлер Андрей Владимирович – инженер ОАО «ИСС», 8(39197)-6-44-70.

Antipiev Alexander Ivanovich – head of laboratory of LLC "ISS", 8 (39197) -6-44-70;

Golovenkin Evgeny Nikolaevich - doctor of technical sciences, professor, the chief of department of the LLC "ISS" 8 (39197) -6-41-32;

Okishev Evgeny Alexandrovich – postgraduate GOU VPO "SibGAU Academician MF. Reshetnev, 8 (39197) -6-44-70;

Tsaitler Andrei Vladimirovich –engineer of LLC "ISS", 8 (39197) -6-44-70.

оснащаемые большим количеством дорогостоящего наземного оборудования, занимающего значительные площади в технических сооружениях космодрома.

Различное конструктивное исполнение АКА диктовало сугубо индивидуальные подходы к организации технологии наземной подготовки АКА на космодроме. Это, в свою очередь, определяло структуру и конструктивное исполнение механо-технологического, пневмо-вакуумного и контрольно-проверочного оборудования, что привело к созданию на космодромах «Байконур» и «Плесецк» чисто индивидуальных, рассчитанных только на подготовку конкретного типа АКА технических комплексов АКА, таких как «Молния-1», «Молния-3», «Радуга», «Горизонт», «Экран», «Экран-М», «Глонасс», «Гео-ИК» и др.

В 1995 году в ОАО «ИСС» с целью исключения электрических испытаний из технологии подготовки всех типов АКА на ТК для гарантированного обеспечения сохранности его технических характеристик была сформулирована следующая идеология:

- для уменьшения механических нагрузок АКА доставлять на космодром преимущественно авиационным транспортом;
- в контейнерах транспортных (КТ) для АКА создать комфортные условия по температуре, влажности и чистоте воздуха;
- для уменьшения воздействия механических нагрузок в конструкцию КТ по возможности закладывать систему амортизации;
- обеспечить непрерывный контроль и регистрацию температуры, влажности и величины механических нагрузок на АКА.

Первым космическим аппаратом, из технологии подготовки к запуску которого исключили электрические испытания, стал созданный в ОАО «ИСС» АКА «Экспресс», успешный запуск которого состоялся 13 октября 1994 года.

В общем случае при транспортировании АКА в контейнере требуется обеспечить следующие условия:

- температура воздуха 5 – 35°С;
- относительная влажность не более 55% при температуре 20°С;
- чистота воздуха, соответствующая классу чистоты 8 ИСО по ГОСТ ИСО 14644-1-2002;
- нормированные эксплуатационные значения коэффициентов перегрузки с учетом коэффициента безопасности
- коэффициент безопасности на динамическую составляющую равен 2,0.

Первым контейнером транспортным, который

обеспечивал заданные условия транспортирования по температуре, влажности и чистоте воздуха, стал разработанный в 1996 г. и изготовленный в 1998 г. КТ 154.9490-000 (рис. 1) для транспортировки АКА связи «SESAT» специалистами ОАО «ИСС» имени академика М.Ф.Решетнёва по заказу Европейского оператора космической связи «EUTELSAT».

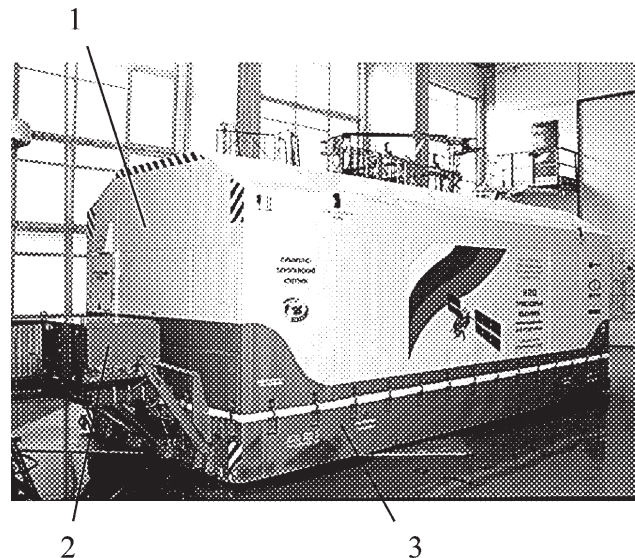


Рис. 1. Контейнер транспортный 154.9490-000:  
1 – крышка; 2 – компрессорно-конденсаторный блок кондиционера; 3 – основание

Контейнер обеспечивает транспортирование в комфортных условиях АКА автомобильным, авиационным и ЖД транспортом при температуре атмосферного воздуха в пределах  $\pm 50^{\circ}\text{C}$ .

Для обеспечения комфортных условий в контейнере предусмотрены:

- система наддува (СН), которая создает и поддерживает в контейнере избыточное давление и тем самым препятствует проникновению в него посторонних частиц;
- система обеспечения температурного режима (СОТР), которая обеспечивает поддержание внутри контейнера температуры в пределах от 5° до 35°С;
- система электроснабжения (СЭС), которая обеспечивает электропитанием СН и СОТР;
- система управления, которая обеспечивает в автоматическом и ручном режимах управление СОТР и подачу питания на блок управления (БУ) системы наддува;
- система дистанционного контроля, которая обеспечивает непрерывную регистрацию и вывод на экран ПЭВМ информации о температуре в КТ;
- следящая система EDR-3, обеспечивающая контроль и регистрация температуры, влажности и механических перегрузок (устанавливается дополнительно на

период транспортирования и перегрузки на переднюю и заднюю опоры крепления АКА на основании КТ).

СН выполняет следующие функции:

- заправку и хранение сухого чистого воздуха высокого давления (категория 2 по ОСТ 92-1577);
- наддув и поддержание в автоматическом режиме избыточного давления в контейнере в заданных пределах;
- сброс воздуха через клапан предохранительный при аварийном повышении давления внутри контейнера до  $(1,67 \pm 0,29)$  кПа ( $170 \pm 30$  мм вод.ст.);
- контроль давления в баллонах;
- световую индикацию для визуального контроля режимов работы системы.

Схема системы наддува представлена на рис. 2.

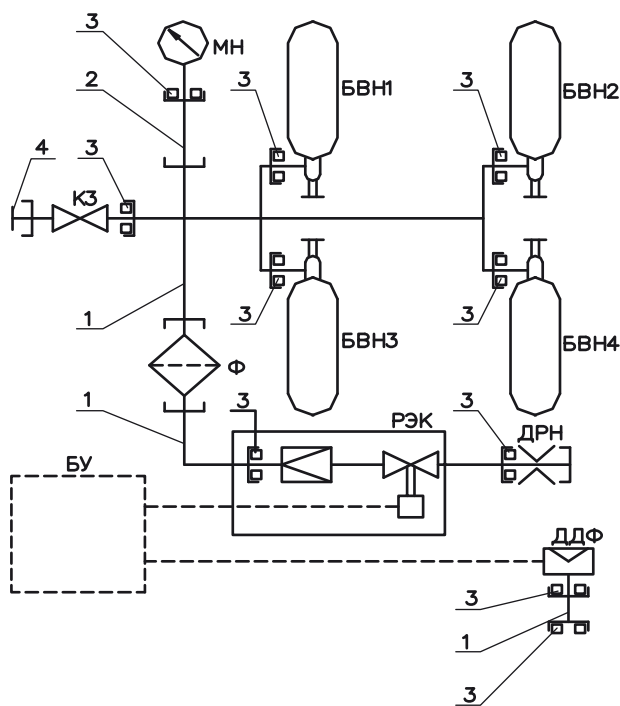


Рис. 2. Система наддува:

БВН1... БВН4 – баллоны для воздуха; ДРН – устройство дроссельное; ДДФ – система измерения перепада давления; Ф – переходник с фильтром; РЭК – электроклапан редуционный; 1 – трубопровод; 2 – переходник; 3 – прокладка; 4 – заглушка

СОТР, совместно с системой управления, предназначена для поддержания температуры в контейнере в заданном диапазоне в процессе транспортирования изделия автомобильным и железнодорожным транспортом.

Термостатирование объема контейнера осуществляется воздухом, циркулирующим по замкнутому контуру, который, в зависимости от требуемой температуры внутри контейнера, нагревается или охлаждается. Нагрев или охлаждение воздуха производится кондиционером

транспортным КТ2-2-01. Управление работой кондиционера как в ручном, так и в автоматическом режиме осуществляется системой управления.

Для циркуляции воздуха в конструкции основания контейнера по всей его длине предусмотрены воздуховоды, которые стыкуются с диафрагмой и воздухообрабатывающим блоком кондиционера (рис. 3).

Диафрагма перекрывает все сечение контейнера и стыкуется с боковыми и верхней стенками крышки и полом основания контейнера. За счет отверстий, расположенных определенным образом по поверхности диафрагмы, обеспечивается равномерное распределение по сечению контейнера потока воздуха, создаваемое вентилятором воздухообрабатывающего блока.

Транспортный контейнер в описанном исполнении защищен патентом Российской Федерации № 2263619.

СЭС предназначена для обеспечения электропитанием СН постоянным током напряжением 22 – 31 В от внутреннего источника (стартерные свинцовые аккумуляторы) и СОТР переменным трехфазным током напряжением 380 В, 50 Гц от внешней сети или автономного источника (дизельная электростанция). Электрическая схема КТ представлена на рис. 4.

Аккумуляторы расположены внутри основания КТ в специальной нише. Дизельная электростанция расположена вне контейнера и транспортируется автономно.

Переход на более мощные платформы, например, «Экспресс-2000», потребовал создание контейнера с большими габаритами. В крупногабаритных контейнерах можно осуществлять одновременное транспортирование двух изделий, что позволяет сократить материальные и временные затраты.

В рамках создания крупногабаритного контейнера для современных и перспективных АКА проводился анализ возможных вариантов:

- конструктивно-компоновочной схемы корпуса КТ и конструкторских решений по обеспечению его герметичности;

- построения СН;
- построения СОТР.

Рассмотрены три варианта конструктивного исполнения контейнера:

- каркасное;
- панельное;
- в виде цилиндрической обечайки.

Каркасное исполнение корпуса представляет собой каркас из шпангоутов и стрингеров, изготовленных из профилей коробчатого сечения, соединенных между

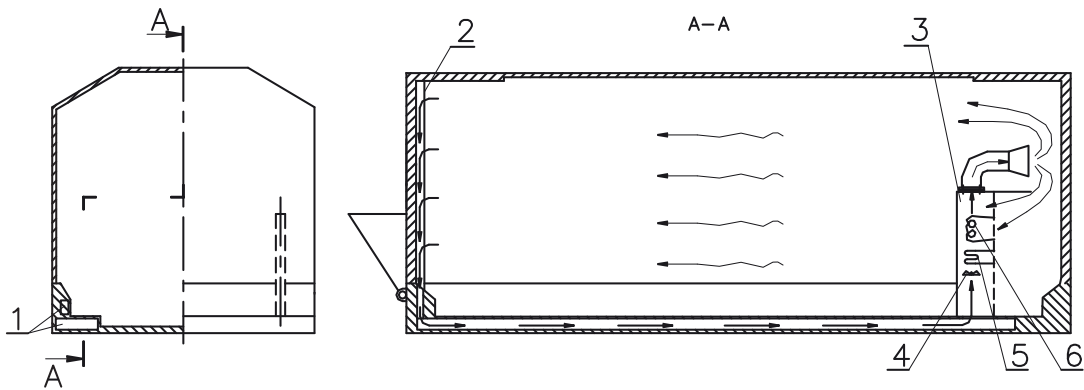


Рис. 3. Система обеспечения теплового режима:

1 – воздуховод; 2 – диафрагма; 3 – воздухообрабатывающий блок; 4 – вентилятор; 5 – охлаждающий элемент; 6 – нагревательные элементы; ← — направление движения воздуха

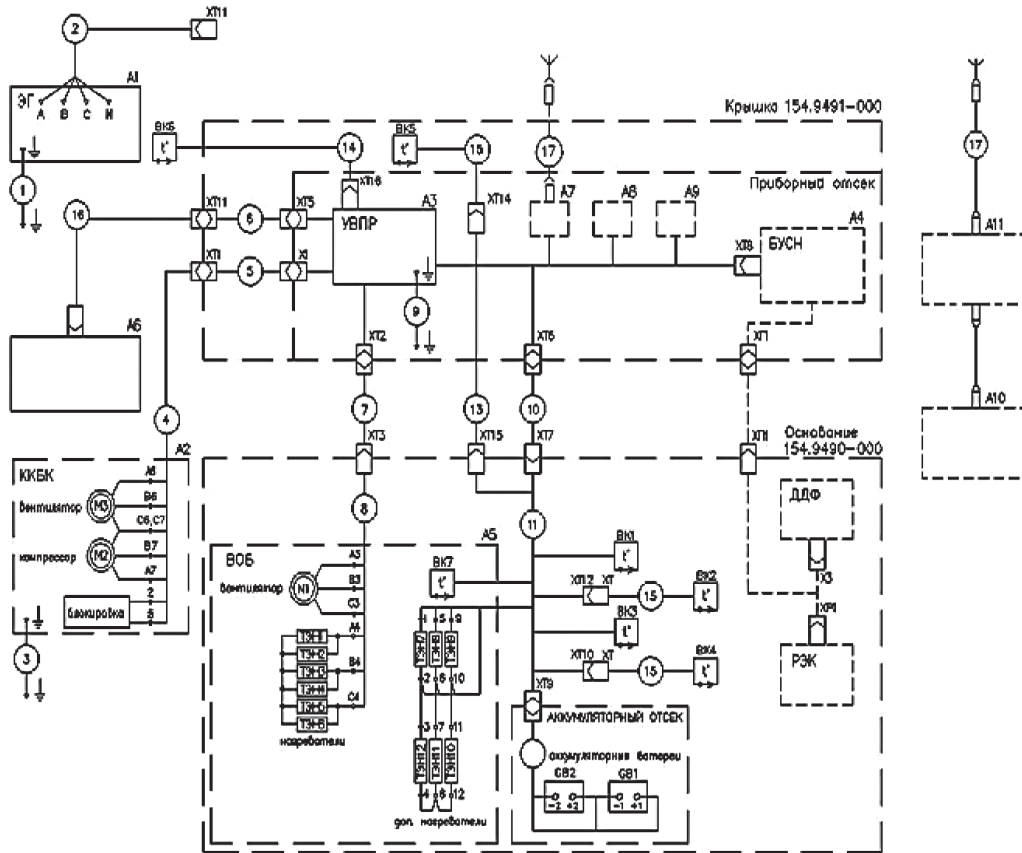


Рис. 4. Система электроснабжения:

A1 – электрогенератор; A2 – блок компрессорно-конденсаторный; A3 – устройство ввода, преобразования и распределения; A5 – блок воздухообрабатывающий; A6 – электростанция; A7, A11 – радиомодемы; A8, A9 – модули аналогового ввода; A10 – ПЭВМ; BK1...BK5 – термометры; BK6 – термопреобразователь сопротивления; BK7 – позисторный датчик температуры; GB1, GB2 – батареи аккумуляторные; M1, M3 – двигатели вентиляторов; M1 – двигатель компрессора; ТЭН1... ТЭН6 – теплоэлектронагреватели; 1...17 – кабели; XT1...XT17 – разъемы

собой сваркой и обшитых снаружи и изнутри листовым материалом (Алг6, текстолит).

Панельное исполнение корпуса представляет собой конструкцию, сваренную из отдельных панелей, изготовленных из профилей типа швеллер и обшитых листовым материалом Алг 6.

Исполнение в виде цилиндрической обечайки осуществляется по принципу первого или второго вари-

анта исполнения корпуса. При таком варианте исполнения стык крышки с корпусом расположен в вертикальной плоскости.

Преимуществом каркасного корпуса контейнера, по сравнению с панельным, является возможность обеспечения более точного исполнения крышки и основания по отношению к друг другу по плоскости стыка, так как при сварке панелей друг с другом вероятны значи-



тельные поводки из-за большой длины сварных швов.

В качестве теплоизоляционного материала возможно применение ранее использовавшихся в КТ 154.9490-000 материалов – это жесткий пенополиуретан, листовой текстолит, пенофол и K-FLEX (вспененный синтетический каучук) с более высокими теплоизоляционными характеристиками, чем пенофол, но более дорогостоящий.

При выборе способа монтажа теплоизоляции рассмотрены три варианта:

- заливка жидких компонентов жесткого пенополиуретана между наружной и внутренней стенками контейнера при каркасном или панельном исполнениях корпуса;

- оклейка поверхностей наружных и внутренних стенок контейнера листами пенофола или листового материала K-FLEX при каркасном исполнении корпуса контейнера;

- совмещение первого и второго вариантов при соответствующем исполнении корпуса контейнера.

Основным недостатком заливки теплоизоляционного материала между наружной и внутренней стенками контейнера является наличие пустот из-за трудностей в расчете нужного объема заливаемых компонентов особенно при каркасном исполнении корпуса. Также при таком способе монтажа теплоизоляционного материала обязательным условием является наличие внутренней обшивки Амг б с высокой чистотой обработки поверхности (зеркальная поверхность). Поскольку конструкция контейнера является герметичной, то использование материала с высокой чистотой обработки поверхности позволит уменьшить теплопотери.

При варианте оклеивания изнутри наружной обшивки контейнера пенофолом, оклеенным алюминиевой фольгой, можно обойтись без внутренней обшивки.

Исходя из вышеперечисленных вариантов построения корпуса контейнера, рассмотрим технологию упаковки АКА в зависимости от расположения плоскости разъема корпуса контейнера.

Первый вариант – стык крышки с основанием контейнера горизонтальный.

Изделие устанавливается на основание контейнера и сверху накрывается крышкой.

Второй вариант – стык крышки и корпуса контейнера вертикальный.

Изделие устанавливается на выдвижной платформе контейнера, затем закатывается с помощью специальных механизмов в контейнер с последующей стыковкой крышки с корпусом контейнера.

Достоинством первого варианта является возможность конструктивно решить основную задачу при упаковке изделия – исключить соприкосновение выступающих частей АКА с крышкой и основанием контейнера. Недостатком является большая длина стыка, затрудняющая обеспечение герметичности контейнера, необходимой для постоянного поддержания избыточного давления в контейнере в процессе транспортирования автомобильным и железнодорожным транспортом.

При втором варианте длина стыка крышки с корпусом контейнера в 2,5 раза меньше, чем при первом варианте. Это позволяет обеспечить более высокую герметичность и тем самым уменьшить количество потребного воздуха в СН. Существенными недостатками являются:

- необходимость создания сложной системы загрузки изделия внутрь контейнера;

- создание платформы, механизмов загрузки-выгрузки и подведение рельсового пути длиной более 12м для выдвижной платформы, что ведет к значительному увеличению рабочего места в цехе и на ТК для обеспечения загрузки-выгрузки и требует дополнительно специальное оборудование;

- при загрузке в контейнер «критичные» места изделия будут проходить по всей длине контейнера, что может повлечь повреждения изделия.

При выборе схемы СН рассмотрены 2 варианта:

- с использованием компрессора с ресивером;
- с использованием пассивной системы.

Вариант с использованием в качестве источника сжатого воздуха компрессора с ресивером (рис. 5) требует приобретения самого компрессора, разработки и изготовления системы дегидрации, ресивера, наличия источника питания напряжением 220 или 380 В с потребляемой мощностью 3,5-4 кВт, фильтров тонкой очистки, а также разработки и изготовления системы управления компрессором. Исходя из перечисленного оборудования, требуемого для создания СН, видно, что такая система достаточно дорогая в изготовлении. Кроме того, данная СН обладает рядом существенных недостатков:

- непосредственная зависимость СН от источника питания;

- компрессор не обеспечивает требуемого давления (создает давление не более 5-6 кгс/см<sup>2</sup>);

- в процессе транспортирования необходимо постоянное наблюдение за работой компрессора, а также обслуживание фильтров тонкой очистки.

Вариант СН на базе пассивной системы и автономного блока надува (рис. 6) имеет ряд ключевых преимуществ:

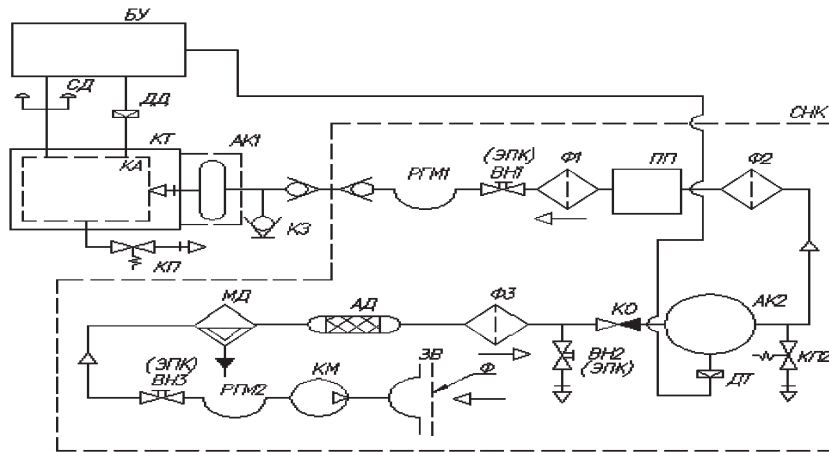


Рис. 5. Схема наддува КТ с использованием компрессора с ресивером:

АД – адсорбер; АК1 – ресивер ( $P_{\text{раб}} = 150 \text{ кгс/см}^2$ ;  $V = 0,2 \text{ м}^3$ ); АК2 – аккумулятор давления ( $P_{\text{раб}} = 250\text{--}300 \text{ кгс/см}^2$ ;  $V = 1 \text{ м}^3$ ); БУ – блок управления; ВН1–ВН3 – вентили; ДД – датчик давления; ЗВ – забор воздуха; КЗ – кран заправочный; КМ – компрессор; КО – клапан обратный; КП1, КП2 – клапаны предохранительные; МД – маслоотделитель; ПП – пневмопульт; РГМ1, РГМ2 – металлорукава; СД – сигнализатор давления; СНК – система наддува контейнера; Ф1–Ф3 – фильтры; ЭПК – электропневмоклапан

- аналог системы успешно эксплуатируется в составе контейнера 154.9490-000;
  - система не требует обслуживания во время транспортирования;
  - система конструктивно проста и надежна.
- При выборе схемы СОТР рассмотрены 3 варианта:
- активная газовая СОТР в моноблочном исполнении;
  - активная жидкостная СОТР в моноблочном исполнении;
  - активная СОТР в распределенном исполнении.

Данная СОТР (рис. 7), выполненная в виде отдельного моноблока, позволяет объединить все активные составляющие СОТР в единую конструкцию, которая не зависит от самого контейнера и соединена с ним гибкими воздуховодами.

Наиболее существенными недостатками моноблочной СОТР являются:

- невозможность обеспечения надёжной герметичности системы, вследствие чего возможен подсос «грязного» воздуха из атмосферы в контейнер;
- трудности обеспечения воздухообмена в самом контейнере. Возникает необходимость в контейнере устанавливать воздуховоды.

В меньшей степени страдают недостатками СОТР типа THERMO KING (рис. 8), но существенные всё же остаются:

- невозможность обеспечения герметичности установки по валу вращения вентилятора, вследствие чего возможен подсос «грязного» воздуха из атмосферы в контейнер;

- значительный вес одной установки, в снаряженном состоянии до 1000 кг, который будет приходиться на крышку контейнера;
- нет возможности использовать установку в режиме «нагрев» при температуре окружающей среды, равной температуре конденсации паров хладагента. Для реализации этого режима необходимо дорабатывать конструкцию в части установки дополнительных электронагревателей.

Жидкостная СОТР (рис. 9) отличается от воздушной СОТР тем, что в качестве активного теплоносителя используется, как правило, этиленгликоль (60 %-ный

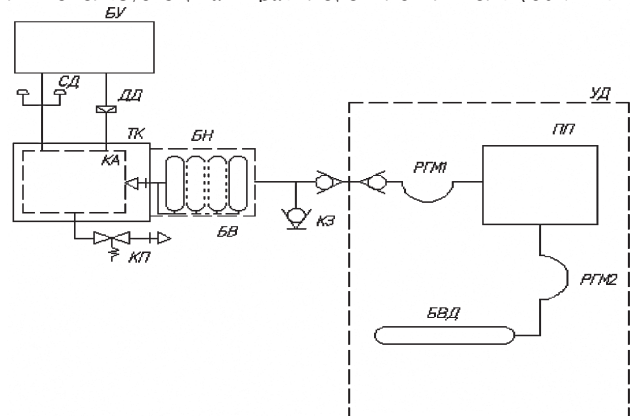


Рис. 6. Схема наддува КТ с использованием пассивной системы: БН – блок наддува; БУ – блок управления; ДД – датчик давления; КА – космический аппарат; КП – клапан предохранительный; КЗ – кран заправочный; РГМ1, РГМ2 – металлорукава; СД – сигнализатор давления; СНК – система наддува контейнера; ПП – пульт пневматический; ТК – транспортный контейнер; УД – устройство дозаправки 727. 6142-0; ПП; БВ – баллон для воздуха; БВД – баллон высокого давления

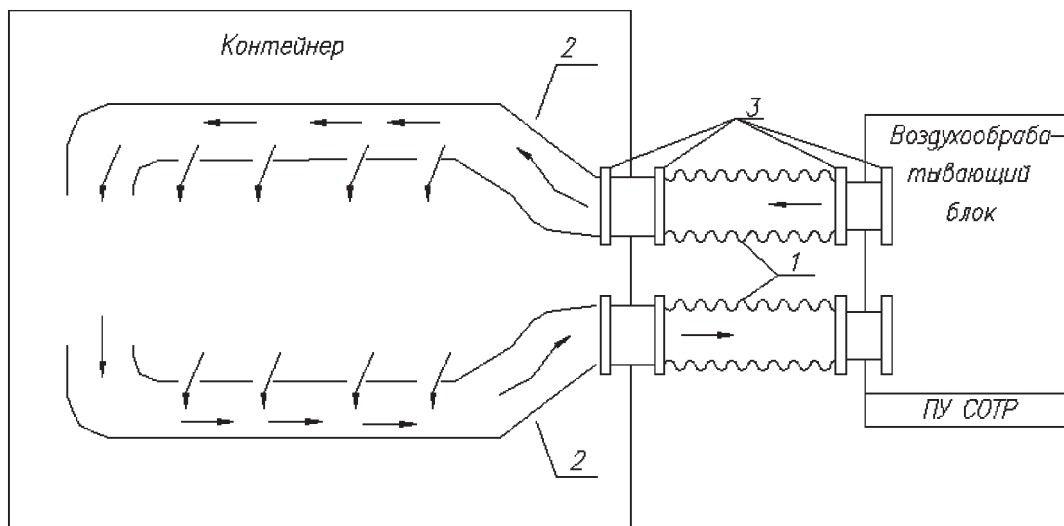


Рис. 7. Активная газовая СОТР в моноблочном исполнении:  
1 – гибкие воздуховоды; 1 – стационарные воздуховоды; 3 – герметизирующие затворы

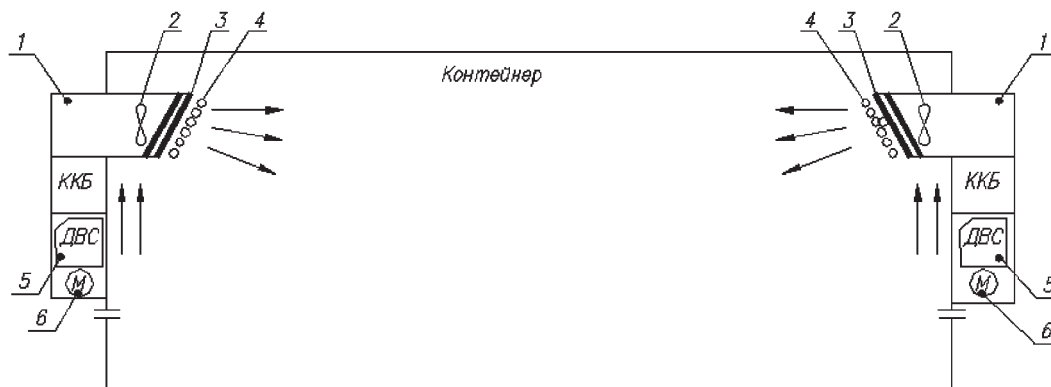


Рис. 8. Активная газовая СОТР в моноблочном исполнении на базе холодильно-нагревательных установок типа THERMO KING:  
1 – THERMO KING SI – 100e; 2 – вентилятор; 3 – испаритель холодильной установки; 4 – электронагреватели;  
5 – автономный двигатель (дизельный); 6 – электродвигатель

раствор), который прокачивается через теплообменники (радиаторы), встроенные в стенки крышки контейнера. Теплоноситель нагревается электронагревателем или охлаждается холодильными машинами. Нагретый или охлажденный теплоноситель прокачивается посредством гидронасосов через панели-радиаторы, которые встроены в боковые стенки крышки контейнера. Теплообмен между воздухом в КТ и панелями-радиаторами – конвективный.

Гидромагистрали моноблока СОТР стыкуются с контейнером посредством гибких металлических шлангов через гидравлические разъемы.

Недостатками жидкостной моноблочной СОТР являются:

- малый КПД системы, до 50% тепла приходится на теплоизоляцию и конструкцию крышки контейнера и, как следствие, необходимо увеличение хладо- и теплопроизводительности системы;
- неремонтопригодность системы. Устранить

течь теплоносителя в панели-радиаторе со стороны теплоизоляции практически невозможно;

- значительная длина гидромагистралей, что снижает надёжность системы по параметру «герметичность».

СОТР (рис. 10) выполнена в виде распределения отдельных блоков и элементов системы по внутреннему объёму КТ и на его внешних поверхностях. Основная цель такой компоновки СОТР состоит в том, чтобы максимально использовать свободные объёмы внутренней полости КТ за счет расположения на внешней поверхности КТ пультов управления и компрессорно-конденсаторных блоков холодильных машин, что обеспечит удобство эксплуатации и обслуживания СОТР.

СОТР состоит из следующих основных узлов и агрегатов:

- компрессорно-конденсаторный блок сплит-системы;
- воздухоохладитель сплит-системы;
- тепловентилятор.

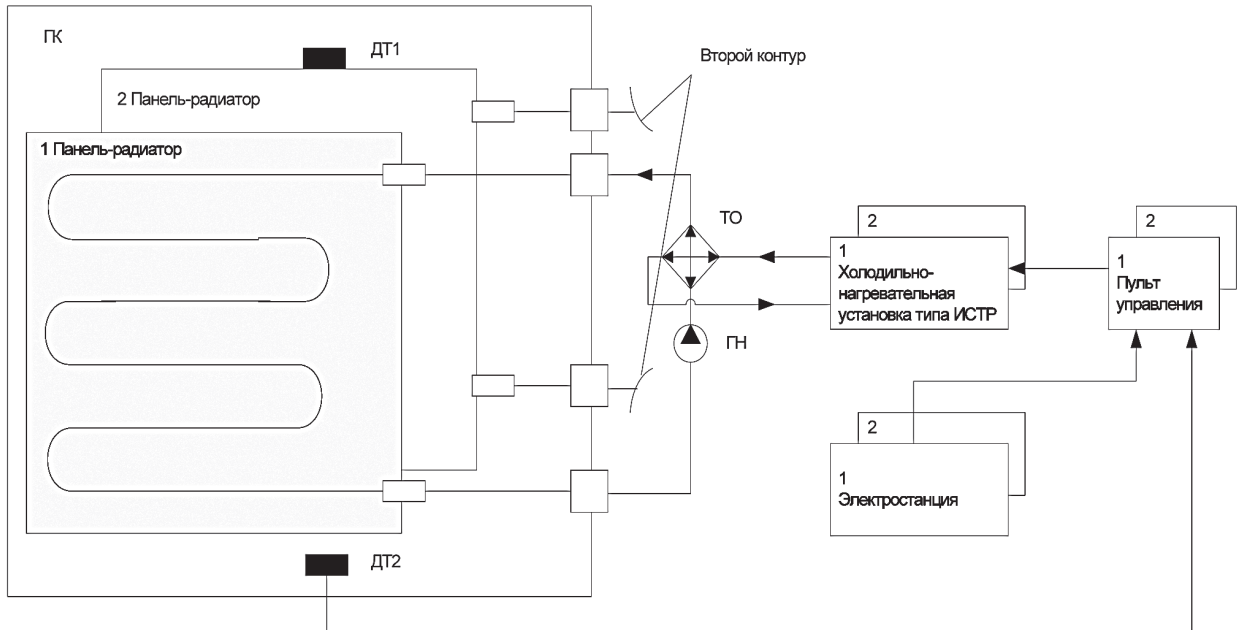


Рис. 9. Активная жидкостная СОТР в моноблочном исполнении

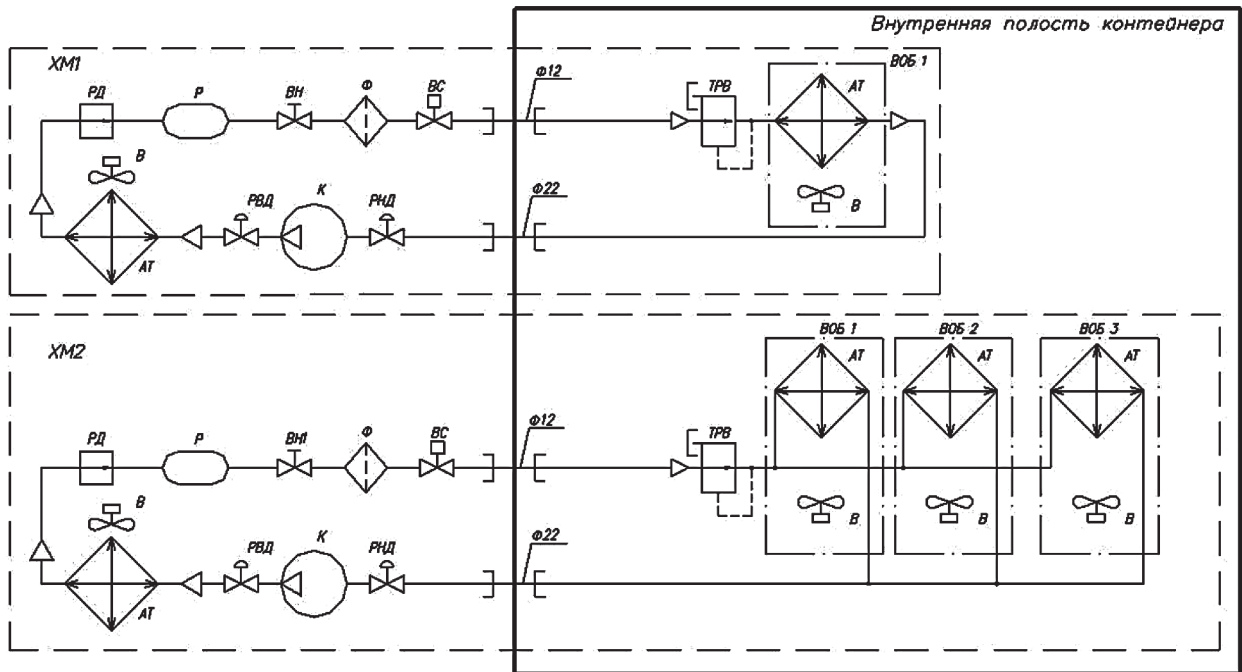


Рис. 10. Активная СОТР в распределенном исполнении:

ХМ1, ХМ2 – холодильные машины; ВОб – воздухоохлаждающий блок (состоит из АТ и В); РНД – реле низкого давления; К – компрессор; РВД – реле высокого давления; Р – ресивер; ВН – вентиль; АТ – теплообменник; ВС – вентиль солиноидный; ТРВ – терморегулирующий вентиль; В – вентилятор

Воздухоохладитель сплит-системы предназначен для охлаждения воздуха в КТ. Конструктивно представляет собой подвесную конструкцию, которая крепится к потолку КТ.

Тепловентиляторы предназначены для подогрева воздуха в КТ при среднесуточной температуре окружающего воздуха ниже 10°C.

Тепловентиляторы располагаются на основании контейнера вдоль боковых стенок на специальных крон-

штейнах, которые позволяют менять направление потока воздуха.

Достоинствами распределённой системы СОТР являются:

1. Наиболее полное и рациональное использование свободного внутреннего пространства контейнера (использование в холодильных машинах сплит-систем позволяет расположить воздухообрабатывающие блоки в свободных местах контейнера (на потолке) и обеспечить



нормальный воздухообмен. Миниатюрные тепловентиляторы располагаются на основании контейнера вдоль боковых стенок. Компрессорно-конденсаторные блоки холодильных машин располагаются на торцевых стенках крышки контейнера (симметрично), что обеспечивает центровку крышки при подъеме и опускании. В зимний период компрессорно-конденсаторные блоки можно снимать с контейнера).

2. Более высокий КПД системы, так как все тепло-выделение и теплосъём происходит только во внутреннем объеме контейнера.

3. Простота конструктивного решения по размещению и резервированию исполнительных элементов СОТР. Расположение исполнительных элементов симметрично продольной оси контейнера позволяет использовать одну часть СОТР в «холодном» резерве без нарушения циркуляции и перемешивания воздуха внутри контейнера.

Таким образом, крупногабаритный транспортный

контейнер представляет собой каркасную конструкцию с горизонтальной плоскостью разъема крышки и основания, при этом внутренние поверхности обклеены теплоизоляционными материалами. Данная конструкция в купе с системой наддува, построенной на базе пассивной системы и автономного блока наддува, и активной распределенной системой обеспечения теплового режима позволит обеспечить требуемые условия по температурному режиму и допустимым механическим нагрузкам в течение всего срока транспортирования и хранения АКА.

Более чем десятилетнее использование специализированных транспортных контейнеров показало состоятельность выбранной идеологии. Доставка АКА на технический комплекс полигона запуска в комфортных условиях позволяет осуществлять запуск изготовленных АКА «с колес», что делает возможным уменьшение объема работ на технической позиции космодрома.

#### *Литература*

1. Бернацкий И.П., Василенко Н.В., Головенкин Е.Н. и др. *Механические системы вакуумно-космических роботов и манипуляторов.* – Томск: МПП «РАСКО». – 1998. Т.2. – 378 с.
2. Бронов С.А., Воловик М.А., Головенкин Е.Н. и др. *Проблема безопасности автономных космических аппаратов.* – Красноярск: НИИ ИПУ, 2000. – 285 с.
3. Головенкин Е.Н. *Исходное техническое состояние и его влияние на длительность функционирования электротехнических систем космических аппаратов // Двойные технологии. №4(25), 2003. – Юбилейный: ИПЦ РИА, 2003. – С.34–38.*
4. Патент РФ №2263619. Антительев А.И., Головенкин Е.Н., Мелкомужов А.А., 2007, 9 с.
5. Патент РФ №2332342. Антительев А.И., Головенкин Е.Н., Цайтлер А.В., 2008, 8 с.

Материал поступил в редакцию 24. 09. 2009 г.