

УДК 629.784

Система заправки жидким кислородом ракетно–космических аппаратов на стартовых комплексах

06, июнь 2012

Питеев А.Н.

Студент

кафедра «Холодильная, криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения»

Научный руководитель: Лавров Н.А.,

к.т.н., доцент кафедры «Холодильная, криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения»

МГТУ им. Н.Э. Баумана
Piteev.an@gmail.com

В данном докладе заправка кислородом будет рассмотрена на примере системы заправки охлажденным кислородом разгонного блока РН «Русь-М».

«Русь-М» — семейство разрабатываемых двухступенчатых ракет-носителей, включает в себя носители трёх классов — от лёгкого до тяжёлого — в диапазоне грузоподъёмностей от 23.8 («Русь-М») до 100 («Русь-МСТ») тонн на низкой околоземной орбите (при старте с космодрома «Восточный»).

Данная система охлаждения жидкого кислорода (ЖК) предназначена для понижения температуры ЖК ниже температуры кипения перед заправкой в баки изделия с целью повышения его плотности, получения стабильности параметров, возможности термостатирования объема ЖК, находящегося в баке и для уменьшения потерь ЖК на испарение до момента включения двигателя. Топлива, в которых жидкий кислород используется как окислитель, характеризуются высокой теплопроизводительностью и высокими энергетическими показателями. Поэтому этот эффективный окислитель применяют как компонент ракетного топлива на многих ракетно-космических комплексах. Доставку ЖК на стартовые комплексы осуществляют железнодорожным транспортом. Для этих целей созданы два типа железнодорожных цистерн, унифицированных для перевозки жидких кислорода, азота или аргона: модель 8Г513 и модель 15-558С.

Подаваемый в бак разгонного блока (РБ) ЖК, сорт 2 по ГОСТ 6331-78, с объемной долей кислорода не менее 99,75% и объемной долей примесей не более 0,25%. Масса жидкого кислорода, заправляемого в бак РБ - 17100 кг.

Поддержание заданной температуры в баке РБ при стоянке заправленной РН осуществляется по следующей технологии: охлажденный кислород в бак подается выше номинального уровня, прогретый кислород из бака сливается по магистрали слива, расходы подачи и слива должны быть равны для полной замены кислорода в баке в процессе термостатирования. Термостатирование улучшит перемешивание кислорода по высоте бака и позволит получить и поддержать заданную среднебаковую температуру кислорода в баке.

Длина магистрального трубопровода от хранилища системы до стартового сооружения составляет не менее 200 м, что требует наличия в системе насосов с достаточно высоким напором или резервуаров с достаточно высоким рабочим давлением, а также средств охлаждения жидкого кислорода до температур ниже температуры кипения жидкого азота, традиционно применяемого на стартовых комплексах для подобных целей. Охлажденный кислород в бак РБ подается по двум магистральным трубопроводам. Для организации циркуляции кислорода при термостатировании бака РБ и возвращения в резервуары хранилища кислорода, подливаемого из бака, проложен трубопровод слива прогретого в баках кислорода в резервуары хранилища.

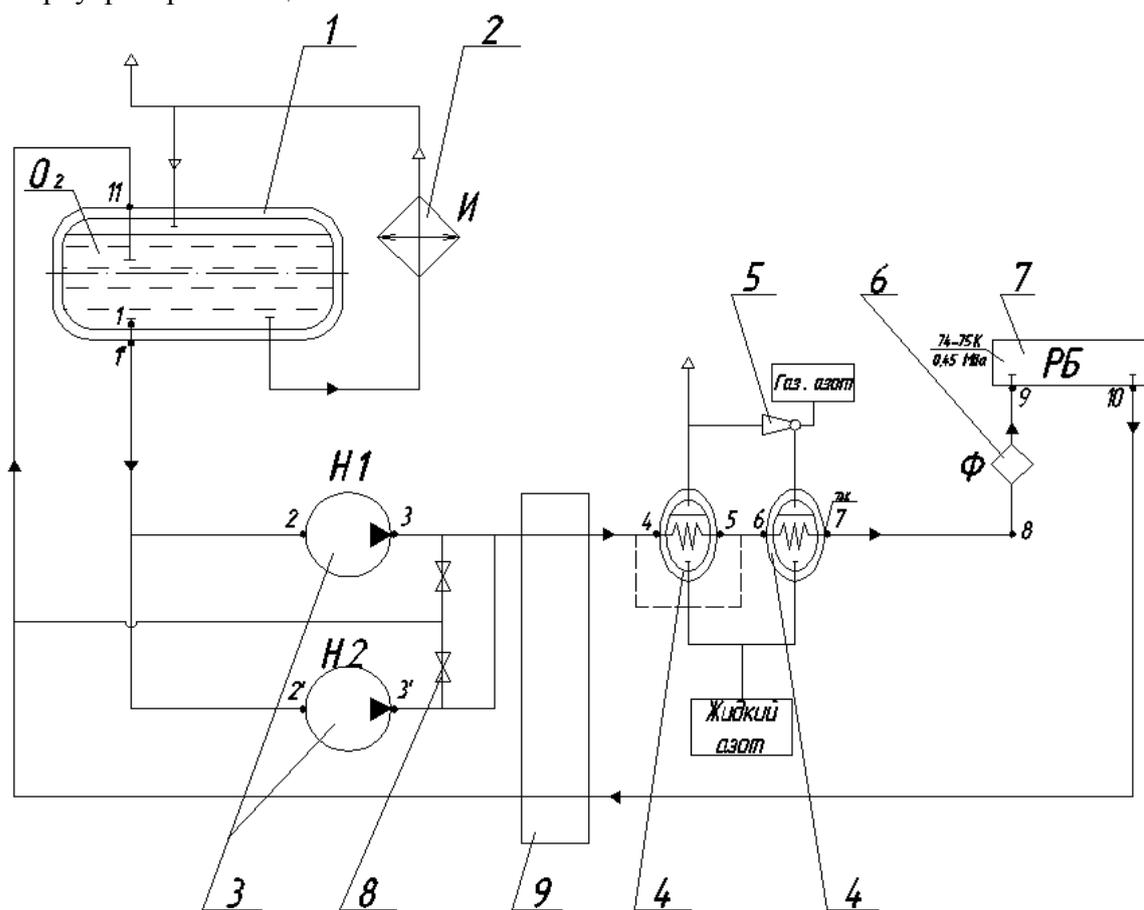


Рис.1. Принципиальная схема системы заправки

1 – резервуар, 2 – испаритель наддува, 3 – электронасос, 4 – теплообменный аппарат, 5 – струйный насос, 6 – фильтр, 7 – потребитель (разгонный блок), 8 – клапан запорный, 9 – рекуперативный теплообменный аппарат

Выдача жидкого кислорода из хранилища системы может производиться как вытеснительным, так и насосным способом. Для данных условий насосный способ подачи предпочтителен при использовании способа термостатирования охлажденного жидкого кислорода в баке при стоянке заправленного изделия, так как позволяет иметь в системе один резервуар для подачи охлажденного кислорода в бак и слива прогретого кислорода из бака. Наддув резервуаров хранилища до рабочего давления производится кислородом, газифицированным из жидкого кислорода, отбор которого в испарители осуществляется из резервуара хранилища.

Для охлаждения жидкого кислорода, заправляемого в РБ, используется в качестве хладагента жидкий азот, как наиболее подходящий и экономически обоснованный способ. Охлаждение потока жидкого кислорода, подаваемого в бак РБ при заправке, осуществляется последовательно в двух теплообменниках: в первом за

счет теплообмена с жидким азотом, кипящим при атмосферном давлении, во втором – жидким азотом, кипящим при давлении ниже атмосферного. Пониженное давление кипения азота создается эжектором, использующим в качестве рабочего потока газообразный азот. Дренаж жидкого и газообразного кислорода из оборудования системы и, при необходимости, из баков РН производится в дренажные резервуары, установленные на дренажных площадках, а из них в атмосферу.

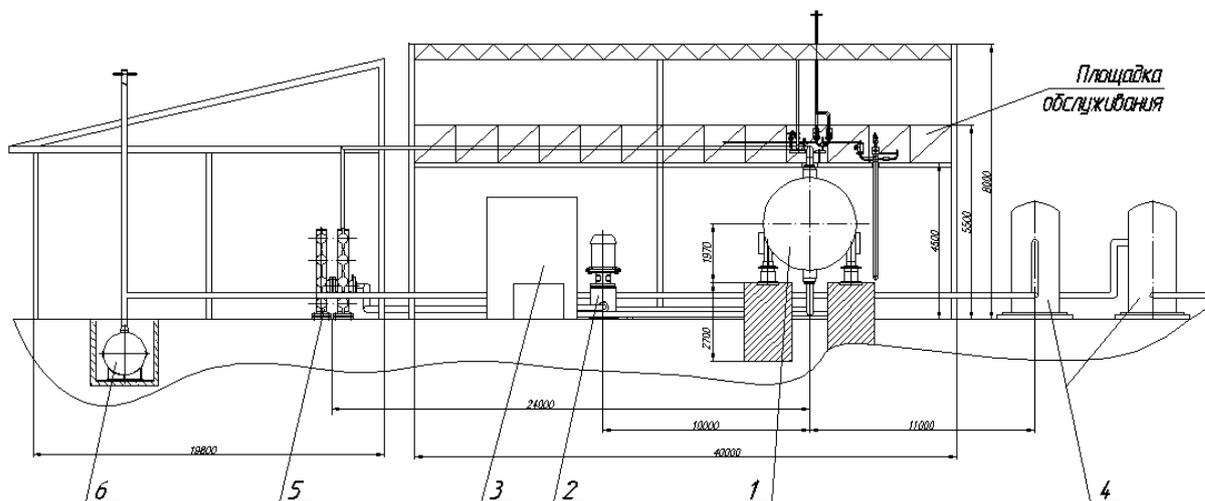


Рис.2. Вертикальный разрез хранилища

1 – резервуар, 2 – электронасос, 3 – оборудование обвязки насосов, 4 – теплообменный аппарат, 5 – испаритель наддува, 6 – дренажная емкость

Оборудование системы, предназначенное для хранения, охлаждения, транспортирования и выдачи жидкого кислорода в бак РБ, защищено от внешних теплопритоков экранно-вакуумной теплоизоляцией. Дренажные резервуары и трубопроводы, к которым не предъявляются жесткие требования по теплопритокам к кислороду, выполнены без изоляции, или (в помещениях) с невакуумной теплоизоляцией.

После пуска РН сбрасывается давление из резервуаров и испарителей, производится слив кислорода из магистральных трубопроводов в резервуар, используемый для наддува. Слив осуществляется под давлением газообразного азота, подаваемого в магистральные трубопроводы в стартовом сооружении. Производится отогрев оборудования системы за счет теплопритоков из окружающей среды. Испарившийся в трубопроводах и оборудовании системы кислород сбрасывается в дренаж. После отогрева трубопроводы и оборудование системы, кроме резервуаров с жидким кислородом, консервируются газообразным азотом. Прекращается подача в систему управляющего воздуха и технологических газов.

Список используемой литературы:

1. А.М. Архаров, И.Д. Кунис «Криогенные заправочные системы стартовых ракетно–космических комплексов», издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2006.
2. Н.В. Филин, А.Б. Буланов «Жидкостные криогенные системы», Ленинград, «Машиностроение», 1985.
3. «Криогенные системы», том 2 «Основы проектирования аппаратов, установок и систем» под общей редакцией А.М. Архарова и А.И. Смородина, Москва, «Машиностроение», 1999.
4. Ю.А. Шевич «Хранение и транспортировка криогенных жидкостей», учебное пособие, Москва, 1999.
5. М.П. Малков «Справочник по физико–техническим основам криогеники», Москва, Энергоатомиздат, 1985.
6. Н.Б. Варгафтик «Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей», Москва, «Наука», 1972.
- 7.