

СИСТЕМА ЗАПРАВКИ РН СЖИЖЕННЫМ ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ

Р.О. Лашко¹

Научный руководитель - к. т. н., доцент А.В. Казимиров¹

1 – Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского

Введение

Глобальным направлением развития ракетно-космической техники является создание многоразовых систем. Как показывают исследования [1] одним из препятствий на этом пути является поиск новых топлив, позволяющих ракетным двигателям работать дольше одного активного участка полета ступени. Привлекательным в этом плане является топлива на базе сжиженного природного газа (СПГ).

Эксплуатация любой системы заправки сопровождается образованием дренажей. Под дренажами понимаются газифицированные компоненты ракетного топлива или технологические газы, применяемые для проведения технологических операций подготовки системы заправки к функционированию (например захолаживание). Для нейтрализации дренажей создаются специальные системы дожигания. Наибольшим образованием дренажей отличаются системы заправки криогенными компонентами топлив. В отличие от системы заправки ракет-носителей жидким кислородом, дренажи которой не оказывают негативного влияния для системы заправки СПГ характерен выход дренажей, способных создавать с воздухом объемно-детонирующие смеси в достаточно широком диапазоне концентраций. Помимо этого, выход паров СПГ, обладающих достаточно низкой ПДК = 0,03 мг/л, свидетельствует о ухудшении качества самого компонента ракетного топлива [2].

Поэтому для минимизации или полного предотвращения выхода дренажей при эксплуатации системы заправки СПГ, а также сохранения качества компонента ракетного топлива предлагается создавать условия проведения технологических операций системой заправки таким образом, чтобы температура СПГ оставалась в интервале от 100К до 109К.

Основная часть

К основным технологическим операциям по заправке РН можно отнести следующее:

- подготовка СЗ РН к приему СПГ из транспортной емкости ЕТр в рабочую емкость ЕЗ;
- прием СПГ в емкость ЕЗ с одновременным переохлаждением метана в переохладителе (емкость Е2);
- хранение принятого СПГ в рабочей емкости ЕЗ (с проведением при длительном хранении периодического переохлаждения);
- захолаживание СПГ магистралей СЗ, подпиточной емкости Е5, сливной емкости Е6 и бака «Г» РН перед заправкой;
- замена газообразного азота в магистральных СЗ и баке «Г» РН на газообразный метан непосредственно перед заправкой;
- заправка РН из рабочей емкости ЕЗ с одновременным переохлаждением СПГ в емкости переохлаждения Е4;
- подпитка бака «Г» СПГ из емкости подпитки Е5 от момента окончания заправки до пуска РН;
- слив СПГ из магистралей заправки в сливную емкость Е6 после пуска РН;
- подготовка рабочей емкости ЕЗ к обратному приему СПГ из РН в случае несостоявшегося пуска;
- обратный прием СПГ из РН в рабочую емкость ЕЗ с одновременным переохлаждением метана в емкости Е4 в случае несостоявшегося пуска;
- заправка РН непосредственно из транспортной емкости ЕТр, минуя рабочую емкость ЕЗ, с одновременным переохлаждением СПГ в емкости переохлаждения Е4, либо в случае сильного перегрева метана в транспортной емкости ЕТр с дополнительным переохлаждением последнего в емкости Е2;

– выдача СПГ из рабочей емкости ЕЗ СЗ в транспортную емкость ЕТр.

Операции слива СПГ из транспортной емкости в рабочую емкость осуществляется методом вытеснения. Для этого емкость ЕТр либо самонаддувается за счет испарения части СПГ с помощью испарителя (если она оснащена им, как, например, агрегаты 8Г-513, 15-558, КЦМ-40/0,7), либо, если транспортная емкость не имеет испарителя (как, например, агрегат ЖВЦ100-2М и т.п.), то она наддувается от внешнего источника газа (например, гелия или газообразного метана).

Выводы

Скорость слива СПГ, а также площади поверхностей ГЖТО-1 и ТО-1 емкости Е2 подбираются такими, чтобы исключить возникновение кризиса кипения азота на ТО-1, то есть перехода режима его кипения от пузырькового к пленочному. Последнее приведет к существенному снижению теплового потока от СПГ к ЖА и снижению эффективности переохлаждения СПГ.

Поступление в рабочую емкость ЕЗ недоохлажденного СПГ приведет к росту в ней давления. Если в линии слива ЖМ на участке от емкости Е2 до рабочей емкости ЕЗ установить РД-2 с управлением от давления в рабочей емкости ЕЗ, то он при повышении давления в емкости ЕЗ замедлит расход сливаемого СПГ.

Вследствие этого теплоотдача от СПГ в ЖА упадет, и кризис кипения ЖА в емкости Е2 будет преодолен.

Литература

1. Антропова, М.В. Ведерников, Р.О. Лашко, С.Ф. Стельмах. Система заправки ракет-носителей жидким метаном / А.В. // Сборник трудов ВКА им. А.Ф. Можайского. Разработка, испытания и эксплуатация вооружения и военной техники. – 2024. – Выпуск №1 (688). – С.114-126.
2. Пономаренко В.К. Ракетные топлива: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2015 – 428 с.