

УДК 621.59:04-182.1

¹Ю. В. Козлов, ²Д. А. Черепов

ПАО «Криогенмаш», проспект Ленина, 67, г. Балашиха, Московская область, РФ, 143907

e-mail: ¹kozlov@cryogenmash.ru; ²tcherepov@cryogenmash.ruORCID: ¹http://orcid.org/0000-0001-8755-1603; ²orcid.org/0000-0003-0254-6763

СИСТЕМЫ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО СТАРТОВОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СЕМЕЙСТВА РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ «АНГАРА»

При подготовке к пуску космических ракет-носителей «Ангара» возникает необходимость в термостатировании их отсеков, отдельных элементов и компонентов ракетного топлива. Рассмотрены технические системы, обеспечивающие термостатирование отсеков и топлива космического ракетного комплекса «Ангара». Обоснован выбор наиболее эффективных надёжных простых в эксплуатации систем термостатирования низкого и высокого давлений, создаваемых компанией Криогенмаш на основе холодильных воздушных циклов с турбодетандер-компрессорными агрегатами. Дано описание работы систем, отмечается перспективность развития этой отрасли машиностроения для обеспечения будущих ракет-носителей тяжелого и сверхтяжелого классов.

Ключевые слова: Холодильный цикл. Воздух. Сушка воздуха. Турбокомпрессор. Турбодетандер-компрессорный агрегат. Адсорбер. Теплообменник. Топливо. Ракета-носитель. Универсальный стартовый комплекс.

1. ВВЕДЕНИЕ

К моменту получения задания на создание систем термостатирования высокого (СТВД) и низкого (СТНД) давлений, входящих в состав универсального стартового комплекса для семейства космических ракет-носителей (КРН) «Ангара», ПАО «Криогенмаш» имел солидный опыт проектирования подобных систем для обеспечения температурно-влажностного режима как для комплексов ракет космического назначения, так и для комплексов наземного оборудования.

Перечислим некоторые из комплексов:

- КРН «Зенит-2SLБ», «Зенит-3SLБ» на космодроме Байконур;
- РН «Зенит-3SLБ» Sea Launch («Морской старт», США);
- РН «Рокот» на космодроме Плесецк в г. Мирный Архангельской обл.;
- РН KSLV-1 в республике Южная Корея (Корейский институт аэрокосмических исследований).

Для них создавались воздушные и жидкостные системы термостатирования отсеков и отдельных элементов РН, компонентов ракетного топлива, которые использовались на всех этапах подготовки ракет к пуску [1, 2].

При выборе того или иного варианта построения системы в обязательном порядке проводилась работа по оптимизации ее структуры, оценке характеристик и глубокому анализу предъявляемых к системам требований.

2. НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМ

Система охлаждения и осушки термостатирующего воздуха базируется на применении турбодетандер-компрессорных агрегатов (ТДКА) в качестве источника холода для конденсационного способа удаления влаги [3]. При его разработке учитывается зависимость количества водяных паров в воздухе в состоянии насыщения от давления и температуры. В системе высокого давления энергия расширения воздуха в детандерной ступени ТДКА расходуется для дополнительного сжатия воздуха, поступающего из воздушного компрессора в компрессорную ступень агрегата, что позволяет снизить давление сжатия в воздушном турбокомпрессоре и, соответственно, расход электроэнергии.

Схемы воздушных систем включают в себя:

- отделение компрессии;
- отделение подготовки воздуха;
- узел распределения, нагрева и очистки воздуха.

Во всех проектах используются следующие технические решения:

- применение конденсационного или конденсационно-адсорбционного методов осушки воздуха;
- применение турбокомпрессоров для сжатия воздуха;
- использование холодильного цикла с турбодетандерами (турбодетандер-компрессорными агрегатами);
- использование в качестве основной структурной единицы системы, — узла подготовки воздуха (УПВ), — оборудования, соответствующего по производительности одному воздушному компрессору;