

ПОРШНЕВОЙ КОМПРЕССОР С ЛИНЕЙНЫМ ПРИВОДОМ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ РКК ГАЗАМИ ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ

М.В. Ведерников¹, О.С. Епископосян¹

Научный руководитель - к. т. н. с. н. с. М.В. Ведерников

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

Введение

В технологическом оборудовании стартовых и технических комплексов, ракетах космического назначения (РКН), в космических аппаратах (КА) и разгонных блоках (РБ) применяются инертные газы с разной молярной массой. Основное их назначение – это системы наддува рабочих емкостей криогенных систем заправки компонентами ракетного топлива (КРТ), бортовые системы наддува топливных баков, бортовые системы хранения рабочего тела для ионных ракетных двигателей некоторых типов КА. Основным элементом системы газоснабжения, при получении сжатых газов, является компрессор. Причем для получения инертных газов высокого давления и высокой чистоты применяются мембранные компрессоры [1]. Это обусловлено тем, что, во-первых, сжатые газы, получаемые посредством традиционных многоступенчатых компрессоров с кривошипно-шатунным механизмом, загрязняются маслом, циркулирующим в системе смазки цилиндропоршневой группы, во-вторых, инертные газы, в общем случае обладают более высокой текучестью, что приводит к повышенным потерям газов в компрессорах с кривошипно-шатунным механизмом вследствие из негерметичности. Однако мембранные компрессоры по сравнению с поршневыми обладают заметно более низкой производительностью, в частности из-за сложности в организации охлаждения сжимаемого газа ввиду их конструктивных особенностей [2].

В поршневых компрессорах с линейным приводом нет кривошипно-шатунного механизма, коленчатого вала и ряда других элементов. Ступень компрессора с линейным приводом, включая и сам привод, значительно проще герметизировать, чем ступень компрессора с кривошипно-шатунным механизмом. Кроме этого поршень в компрессоре с линейным приводом перемещается с очень низкой скоростью, что значительно облегчает охлаждение сжимаемого газа и позволяет обойтись без смазки цилиндропоршневой группы. В еще большей степени эффективность теплоотвода от сжимаемого газа повышается при увеличении в полости сжатия поверхности теплообмена за счет выполнения в ней дополнительного ребрения. Это приводит к повышению изотермического КПД цикла и этому заметно снижению работы сжатия газа.

В случае выполнения ребрения одновременно и на торцевой крышке цилиндра и на торцевой части поршня со стороны рабочей камеры, то при взаимном расположении этих двух групп ребер со смещением относительно друг друга на величину половины межреберного шага можно существенно снизить относительный объем мертвого пространства в полости сжатия. Для отведения тепла от ребер поршня в теле поршня выполнена полость для протока охлаждающей жидкости, а в приводном штоке поршня выполнены каналы для ее подведения к поршню и отведения от него.

Основная часть

Объектом исследования является ступень многоступенчатого поршневого компрессора с линейным приводом, оснащенная ребренными со стороны рабочей камеры торцевой крышкой цилиндра и поршнем, при условии, что ребра поршня и торцевой крышки цилиндра геометрически зеркально подобны и смещены относительно друг друга на величину половины межреберного шага.

Задачами исследования являются:

– оценка влияния вида газа и давления в такте сжатия на условия теплообмена на поверхности ребер различной формы;

– минимизация массы ребер за счет обоснования для них треугольной или трапециевидной формы при соотношениях их высоты и толщины в основаниях, обеспечивающих постоянство плотности теплового потока в сечениях ребер, параллельных их основаниям.

Численное исследование проводится с помощью программы КОМДЕТ-ВКА [3].

Основное условие при численном исследовании работы четырехступенчатого компрессора с линейным приводом является получение на выходе сжатого азота, гелия, аргона и криптона с давлением 20 МПа с расчетной производительностью 0,5 м³/мин.

Посредством численного моделирования представлены характеристики четырехступенчатого поршневого компрессора с линейным приводом производительностью 0,5 м³/мин и с давлением на выходе из компрессора 20 МПа. Расчеты показали, что поршневой компрессор с линейным приводом и ребренными со стороны рабочей камеры торцевыми крышками и поршнем будет затрачивать меньше удельную индикаторную мощность по сравнению с аналогичным компрессором, но без ребрения указанных элементов.

Выводы

В результате исследования получены конструктивные параметры для ряда элементов рабочей камеры ступеней поршневых компрессоров с линейным приводом, отвечающих условию повышения изотермического КПД процесса сжатия газа.

Полученные результаты показывают, что необходимо провести более детальные расчеты поршневого компрессора с линейным приводом, оснащенного охлаждаемым ребренным поршнем с целью снижения динамических нагрузок на привод.

Литература

1. Системы газоснабжения и вакуумная техника ракетно-космических комплексов: учебник / А.М. Дзитоев, М.С. Дзитоев, А.В. Казимиров, С.В. Загорный, И.К. Прилуцкий – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского. – 2021. – 371 с.
2. Основы расчета и оптимального проектирования компрессоров и детандеров на унифицированных базах: монография / М.М. Пеньков, И.К. Прилуцкий, А.И. Прилуцкий. СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского 2020. 309 с.
3. Прилуцкий И.К., Прилуцкий А.И., Маковеева А.С., Молодов М.А. Алгоритм создания в программе КОМДЕТ-М рабочих веществ произвольного состава. СПб: Университет ИТМО. – 2018. – 79 с.