

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ СТАРТОВОГО КОМПЛЕКСА С ПРИМЕНЕНИЕМ УСТАНОВКИ АДСОРБЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА

И.В. Наумчик¹, Д.Е. Юрков¹

Научный руководитель - к.т.н., доцент И.В. Наумчик

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

Введение

Особое место в подготовке ракет-носителей к пуску занимает система газоснабжения стартового комплекса. Технологический процесс эксплуатации комплекса требует надёжного обеспечения азотом высокой чистоты, что напрямую влияет на безопасность и успешность запуска.

В современных условиях развития ракетно-космической отрасли традиционные методы газоснабжения стартовых комплексов имеют ряд существенных ограничений: зависимость от внешних поставщиков технических газов; высокие логистические издержки; риски нарушения графика пусков; необходимость регулярного пополнения запасов.

Очевидно, что обеспечение надёжности и эффективности работы стартового комплекса возможно только при внедрении автономных систем производства газа непосредственно на объекте.

В настоящее время всё большее внимание уделяется применению адсорбционных установок получения азота. Это связано с тем, что данный метод позволяет:

- производить азот непосредственно на объекте;
- обеспечивать высокую степень автоматизации процессов;
- работать в широком диапазоне нагрузок;
- достигать длительного срока службы оборудования.

Вместе с тем существующие системы газоснабжения имеют ряд существенных недостатков, которые затрудняют их эффективное применение. Из них особо стоит выделить:

- зависимость от внешних факторов при централизованном снабжении;
- высокие риски при доставке криогенных жидкостей;
- ограниченную производительность существующих систем;
- недостаточную адаптивность к экстремальным условиям эксплуатации.

Такие проблемы неизбежно приводят к снижению общей эффективности работы стартового комплекса и требуют оперативного решения.

Таким образом, разработка современной системы газоснабжения на базе адсорбционных технологий является актуальной и своевременной задачей. Решить её можно, действуя в двух основных направлениях:

- создание автономной системы производства азота с высокой степенью автоматизации;
- обеспечение надёжности и бесперебойности работы комплекса в различных условиях эксплуатации.

Основная часть

Применительно к адсорбционным установкам добычи азота на стартовых комплексах «Ангара» технологический процесс базируется на методе короткоциклового безнагревной адсорбции (КБА), который обеспечивает разделение газовых смесей с помощью углеродных молекулярных сит (УМС).

Таким образом, основополагающим принципом работы является избирательное поглощение кислорода из воздуха при пропускании азота через адсорбент. Процесс реализуется через последовательное выполнение технологических операций, включающих стадии поглощения и регенерации.

Производственный цикл адсорбционной установки можно представить следующим образом:

- стадия поглощения – улавливание адсорбентом компонентов газовой смеси;
- стадия регенерации – восстановление адсорбента и отвод поглощённых газов.

Проведённый анализ показал, что эффективная работа установки обеспечивается комплексной системой, включающей следующие основные элементы:

- компрессорный блок для подачи сжатого воздуха;
- систему фильтрации и осушки воздуха;
- адсорберы с молекулярными ситами;
- буферную ёмкость для хранения азота;
- автоматизированную систему управления.

Для расчёта оптимальных параметров работы установки необходимо учитывать следующие характеристики:

- чистота получаемого азота – до 99,999%;
- производительность – от 100 до 1000 нм³/ч;
- рабочее давление – до 40 бар;
- температурный диапазон эксплуатации – от –40°С до +60°С.

В процессе выполнения технологических операций происходят изменения входных параметров, что влияет на эффективность работы установки. Определение оптимальных режимов осуществляется по следующим этапам: на первом этапе производится подготовка исходных параметров системы; на втором этапе осуществляется запуск компрессорного оборудования; на третьем этапе – фильтрация и осушка воздуха; на четвёртом этапе реализуется процесс адсорбции; на пятом этапе – регенерация адсорбента; на шестом этапе – накопление полученного азота в буферной ёмкости.

Система контроля качества обеспечивает: измерение чистоты получаемого азота; мониторинг давления в системе; температурный контроль; анализ расхода газа.

Оптимизация процесса добычи азота достигается за счёт регулирования таких параметров как скорости подачи воздуха, давления в системе, длительности циклов работы, температурного режима осуществления процесса.

Таким образом, разработанная система адсорбционной добычи азота представляет собой комплексное решение, обеспечивающее надёжное газоснабжение стартового комплекса «Ангара» с учётом всех технологических требований и эксплуатационных особенностей. Экономическая эффективность системы подтверждается снижением затрат на транспортировку газов, минимизацией логистических расходов и оптимизацией эксплуатационных затрат.

Выводы

Таким образом, разработанная система адсорбционной добычи азота представляет собой современное технологическое решение, полностью отвечающее требованиям безопасности и эффективности работы стартового комплекса «Ангара». Внедрение данной технологии будет способствовать повышению надёжности и автономности функционирования комплекса в целом.

Литература

1. Никифоров, Ю.В. Получение жидкого азота с помощью адсорбционной воздухоразделительной установки и криогенной газовой машины /Ю.В. Никифоров, С.Д. Глухов, А.А. Казакова/ Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Серия «Машиностроение» – 2012 г. – С.202-205.
2. Казакова, А.А. Новый подход к расчету адсорбционных установок для получения азота /А.А. Казакова, Ю.В. Никифоров, А.А. Фомкин/ Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Серия «Машиностроение» – 2010 г. – С. 185-190.
3. Акулов, А.К. Производство азота методом короткоциклового безнагревной адсорбции // Экспозиция нефть газ – №2 (55) – 2017 г. – С.116-117.