

УДК 621.37/39

Полевой автономный воздушный заправщик баллонных дроссельных микрокриогенных систем

Е. А. Гаврин, В. Г. Деньгин, В. М. Ермаков, В. М. Ильин
ООО НТК "Криогенная техника", г. Омск, Россия

Рассмотрен вопрос обеспечения криоагентом систем охлаждения приборов ночного видения. Показана перспективность применения для этих целей малогабаритных автономных воздушных заправщиков, предложена концепция построения, приведены ожидаемые технические характеристики такого заправщика, обоснован выбор схемных решений его узлов.

Баллонные дроссельные микрокриогенные системы (БДМКС) используются для охлаждения инфракрасных приемников носимых тепловизионных приборов (ТВП) наблюдения и наведения.

Для их широкомасштабного применения требуются средства производства криоагента, обладающие максимальной автономностью, простотой управления и обслуживания, возможностью эксплуатации в непосредственной близости от мест использования ТВП.

Такое оборудование отечественной промышленностью не изготавливается. В настоящее время в качестве криоагента применяют газообразный азот. Его производство и заправка в баллоны БДМКС возложены в виде дополнительной функции на комплексы аэродромного обеспечения АК-13, в состав которых входит необходимое для этих целей криогенное оборудование. Суммарный вес комплекса превышает 50 т, численность обслуживающего персонала — 19 человек.

Недостатками, ограничивающими работу комплекса АК-13, являются его громоздкость, высокая стоимость, низкая мобильность, значительный штат обслуживающего персонала.

Схемы обеспечения БДМКС криоагентом, основанные на применении специализированных средств его производства, реализованы в ряде зарубежных армий (США, Великобритания, Франция и др.).

Для его получения применяют малогабаритные заправщики производительностью от 1 до 5 м³/ч [1, 2], содержащие компрессор высокого давления, систему осушки и очистки атмосферного воздуха, узел заправки баллонов. Многие из них оснащены автономной системой энергообеспечения на базе двигателя внутреннего сгорания. Заправщики рассчитаны на эксплуатацию в полевых условиях или во временных сооружениях, компактны, мобильны и просты в управлении, обслуживаются одним-двумя операторами. Внешний вид французского заправщика PAG-350-20 производительностью 1 м³/ч показан на рис. 1.

Учитывая явные преимущества специализированных средств получения и заправки криоагента в баллоны МКС НТК "Криогенная техника" и ОАО "Сибкриотехника" приняли решение о необходимости создания отечественного заправщика, не уступающего по своим характеристикам зарубежным аналогам и обеспечивающего:

- высокую мобильность;
- автономную работу в полевых условиях;
- минимальную потребность в эксплуатационных материалах и техническом обслуживании;
- необходимую для отечественных БДМКС глубину очистки и осушки атмосферного воздуха.

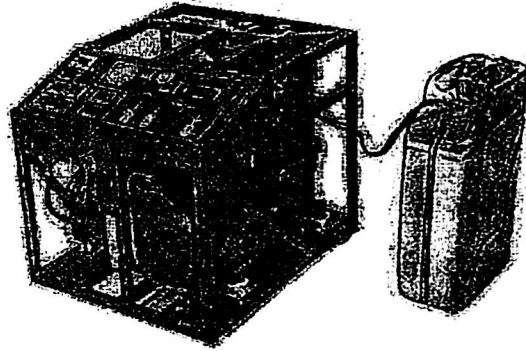


Рис. 1. Заправщик PAG-350-20 (Франция)

Последнее требование обусловлено спецификой эксплуатации зарубежных БДМКС, в которых окончательная очистка криоагента осуществляется в сменном адсорбционном фильтре.

В состав заправщика, исходя из функционального назначения изделия, включены следующие узлы:

- двигатель внутреннего сгорания;
- трансмиссия;
- электрогенератор;
- компрессор;
- система комплексной очистки и осушки воздуха;
- узел заполнения баллонов;
- блок управления и контроля.

Требования к его техническим характеристикам

Номинальное давление заправки, МПа.....	35,0
Производительность при номинальном давлении, $\text{нм}^3/\text{ч}$, не менее.....	1,5
Количество одновременно заполняемых баллонов.....	2
Количество заполняемых за 1 ч баллонов вместимостью 0,75 л.....	5
Ориентировочная масса, кг, не более.....	95
Содержание микропримесей в конечном продукте:	
влага, $\text{см}^3/\text{м}^3$	0,1
CO_2 , $\text{см}^3/\text{м}^3$	1
пары масла.....	отсутствуют
размер механических частиц, мкм.....	7

Отсутствие отечественного опыта создания оборудования аналогичного назначения ставит перед разработчиком ряд исследовательских и конструкторских задач, к числу которых следует отнести в первую очередь следующие:

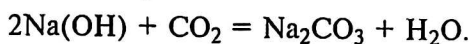
создание эффективной системы очистки и осушки атмосферного воздуха для специфических условий полевого применения;

создание миниатюрного компрессора высокого давления, не вносящего загрязнений в компремируемый газ;

обеспечение гарантированного качества криоагента по содержанию микропримесей на выходе из заправщика.

Предварительный анализ схемных решений и способов очистки, выполненный исходя из номенклатуры и концентраций примесей, содержащихся в атмосферном воздухе, требований к конечному продукту, минимизации эксплуатационных затрат и времени на техническое обслуживание заправщика, позволил сформировать следующее представление о системе очистки и осушки. Она должна сочетать методы конденсационной осушки от влаги, химической очистки от CO_2 , короткоцикловой безнагревной адсорбции (КБА) и финишной адсорбционной очистки криоагента. Создание такой системы очистки осложнено отсутствием данных по свойствам поглотителей CO_2 в интересующем нас диапазоне концентраций и требует постановки поисково-исследовательских работ в части подбора химвеществ, исследования их динамической емкости, выбора и экспериментальной проверки оптимальных рецептур. Кроме того, в доступных литературных источниках не найдено информации о КБА — осушке и очистке при давлениях выше 1 МПа.

Испытания промышленных поглотителей с развитой удельной поверхностью при рабочем давлении 3,5 МПа показали возможность создания химического поглотителя CO_2 с приемлемой динамической емкостью и глубиной очистки до 10 ppm. В частности, проверке подвергался химический поглотитель, сформированный на основе едкого натра с учетом его характерного свойства — перехода в кристаллогидрат $\text{Na}(\text{OH}) \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ с температурой плавления $+7,57^\circ\text{C}$ при контакте с влажным воздухом. Поглощение CO_2 идет с выделением воды по известной реакции



В результате экспериментальной отработки рецептуры получен реагент с поглотительной способностью 7 %, не склонный к плаванию и забивке проходного сечения фильтра в течение своего ресурса. (Согласно стехиометрическим соотношениям предельная поглотительная способность $\text{Na}(\text{OH})$ не может превышать 55 %).

Также изготовлен и испытан макет двухадсорбционной короткоцикловой безнагревной установки. Адсорберы снаряжались микросферическим цеолитом NaX. Длина слоя составляла 450 мм. Источником газа служил поршневой двухступенчатый компрессор, оснащенный влагоотделителями на линиях нагнетания обеих ступеней.

Влагосодержание входного потока воздуха рассчитывалось по методике [3], применимость которой была проверена весовым методом с использованием в качестве поглотителя силикагеля КСМГ. Концентрация влаги в продуктовом потоке измерялась гигрометром "Байкал-3". Содержание CO_2 в исходном и очищенном воздухе определялось по методике [4], для чего был использован хроматограф ЛХМ-80.

Лучшие результаты получены на схеме КБА с противоточным сбросом и наполнением адсорбентов. Предварительное их обобщение позволяет сделать вывод о применимости метода КБА для очистки и осушки воздуха до удовлетворительного уровня при рабочих давлениях, по крайней мере, до 3,6 МПа при расходе на продувку до 15 % входного потока.

При выборе типа компрессора для заправщика решающую роль сыграл положительный опыт создания несмазываемых поршневых компрессоров малой производительности и малых мембранных компрессоров. Несмазываемые поршневые компрессоры имеют небольшие массогабаритные размеры и не вносят загрязняющих примесей в компримируемый газ, но имеют ограничение по конечному давлению (10—15) МПа. В свою очередь, мембранные компрессоры, не имея ограничений по конечному давлению (35—40) МПа, по их массе и габаритам при давлении всасывания (450—780) мм рт. ст. и назначенной производительности, недопустимо велики (150—200) кг.

Исходя из сказанного, нам представляется перспективным оснащение полевого автономного воздушного заправщика комбинированным компрессором, содержащим две поршневые несмазываемые ступени и одну мембранную. Такой выбор позволяет реализовать преимущества обоих методов сжатия и рационально организовать систему очистки воздуха.

Принципиальная пневматическая схема заправщика, основанная на применении предложенного комбинированного компрессора, приведена на рис. 2.

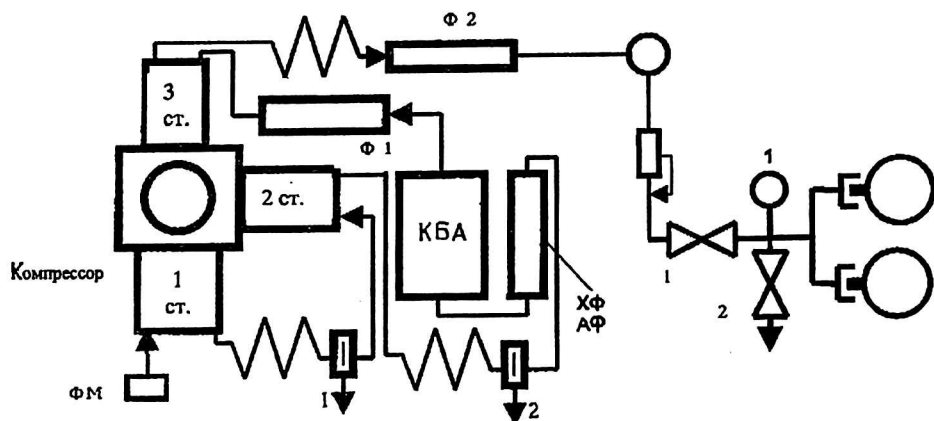


Рис. 2. Принципиальная схема воздушного заправщика

Система очистки содержит межступенчатые влагоотделители (ВО) 1, 2, сменные механический (ФМ), химический (ХФ) и адсорбционный (АФ) фильтры, короткоцикловый адсорбционный модуль очистки и осушки (КБА), позволяющий увеличить ресурс сменного фильтра финишной очистки $\Phi 1$, и адсорбционный фильтр на линии нагнетания $\Phi 2$, предназначенный для поглощения примесей, внесенных в систему при замене финишного фильтра.

Давление заполнения баллонов устанавливается регулятором, автоматически отслеживающим изменение температуры окружающей среды, и контролируется манометром. Качество криоагента обеспечивается своевременной заменой сменных фильтров ХФ и АФ.

Таким образом, в результате проведенной работы:

сформирован технический облик заправщика, определены его состав и требования к основным техническим характеристикам;

осуществлен выбор схемных решений основных узлов заправщика: компрессора и системы очистки;

экспериментально подтверждена возможность создания химического фильтра CO_2 приемлемых габаритов;

экспериментально показана перспективность использования КБА очистки при давлении до 3,6 МПа.

Литература

1. Pure air generator PAG-350: Рекламный проспект фирмы Crio-technologies AG (Франция).
2. Complete Systems for infrared cryogenic application: Рекламный проспект фирмы BAUERKOMPRESSOREN.
3. Браун В. М. К расчету влагосодержания насыщенного сжатого воздуха, азота и водорода// Инженерно-физический журнал, 1979. Т. 36. № 6. С. 1114—1115.
4. Матяш Ю. И., Стрельникова Е. Б. и др. Хроматографический метод определения примесей воды и диоксида углерода в многокомпонентном криоагенте//Тез. докл. Всес. науч.-техн. конф. "Микрокриогенная техника-84" — М., ЦИНТИ-ХИМНЕФТЕМАШ, 1984. С. 58—59.

Autonomous field air generator for refilling the bottle-type joule-thomson microcryogenic systems

Ye. A. Gavrin, V. G. Dengin, V. M. Ermakov, V. M. Ilyin
NTK "Kriogennaya Tekhnika Ltd.", Omsk, Russia

With wide spreading of the bottle-type Joule-Thomson microcryogenic systems used for cooling sensitive elements of the detector devices in the viewing and sighting systems, the vital problem of refilling the emptied bottles with a cryoagent — high-purity gas-has arisen. The paper gives the comparison of methods used to produce a cryoagent of the required quality, the analysis of well-known foreign refilling means from the point of view of their circuit solutions and technical characteristics; proposes the concept of arrangement of the home air generator specifying its composition and technical characteristics in agreement with the consumers. The basic requirements specified the generator make-up were combination of mobility with sufficient capacity; autonomous operation; simplicity and convenience in use and service. The generator consists of power unit based on a combustion engine; compressor; purification system and bottle-filling unit. The expected generator technical characteristics are as follows: capacity — 1.5 nm³/h; max. outlet pressure — 40.0 MPa; number of bottles being filled simultaneously — 2; max. number of bottles of 0.75l capacity filled per hour — 5; expected mass — 95 kg; expected overall dimensions — 700x500x600 mm. Besides the above points, the development problems of the autonomous field air generator and different design variants of units are discussed.

* *

*