

УДК 621.51

Перспективный холодильный винтовой компрессор сухого сжатия

Д-р техн. наук, профессор **Пронин В.А.** maior.pronin@mail.ru

Ильина Т.Е. tamara-190@yandex.ru

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Проведенные на кафедре холодильных машин и НПЭ Университета ИТМО широкие исследования винтовых компрессоров сухого сжатия показали их неоспоримые преимущества использования в паровых холодильных машинах. Однако существующие сегодня винтовые компрессоры сухого сжатия, назвать компрессорами «сухого» сжатия можно лишь условно, т.к. в их составе используется целый ряд узлов, требующих для своей работы масла. Применяемые в таких компрессорах меры по защите от проникновения масла в область сжатия рабочего вещества не обеспечивают долговременного поддержания максимально низкой концентрации масла в рабочем веществе. Поэтому необходимо усовершенствовать конструкцию винтового компрессора сухого сжатия за счет исключения или замены узлов требующих смазки маслом.

В настоящей статье предложена конструкция винтового компрессора сухого сжатия полностью исключающая использование масла в составе машины.

Ключевые слова: винтовой компрессор сухого сжатия, бесконтактные уплотнения, газовый подшипник, разгрузочные устройства.

Advanced screw refrigerant dry screw compressor

D.Sc., prof. **Pronin V.A.** maior.pronin@mail.ru

Iilina T.E. tamara-190@yandex.ru

University ITMO

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

Extensive research at the Department of refrigerating machines and NPE of ITMO University of screw refrigerant dry screw compressor showed undeniable advantages of use such compressors in vapor refrigerating machines. However, present dry screw compressors are called "dry" just nominally. The compression area oil penetration protection measures that used in such compressors does not provide long-term maintaining the maximum low oil concentration in the operating fluid. Therefore it is necessary to improve the design of Screw Compressors by excluding or change the units require lubrication.

In this paper proposes a screw compressors construction that fully eliminates oil from machin.

Keywords: screw dry screw compressor, non-contact seals, gas bearing, unloaders.

В классификации винтовых компрессоров встречается термин «компрессор сухого сжатия», что подразумевает отсутствие жидкой фазы, в качестве которой чаще всего используется масло, в компримируемой среде. Однако такие компрессоры можно назвать «сухими» весьма условно, так как целый ряд узлов в составе компрессора требует смазки, прежде всего подшипниковые узлы, синхронизирующие шестерни, уплотнительные устройства роторов. Таким образом, масло или его пары попадают в рабочую среду и далее в контур холодильной машины, включая теплообменники. Известно [2], что замасливание теплопередающих поверхностей теплообменных устройств существенно снижает

их эффективность, а следовательно и эффективность работы холодильной машины в целом. Поэтому при создании винтового компрессора сухого сжатия нужно решить основную задачу – отказаться от узлов требующих смазки. Рассмотрим пути решения поставленной задачи, методом замены или исключения узлов, потребляющих смазку.

1. Во всех известных конструкциях компрессоров сухого сжатия обязательным элементом являются синхронизирующие или, как их принято называть, шестерни связи [1]. Основное функциональное назначение этого узла состоит в том, чтобы выдерживать постоянные зазоры между рабочими поверхностями винтов, предотвращая их касание. В настоящее время в современной технике применяется целый ряд материалов, обладающих самосмазывающимися свойствами и не требующих подачи смазки извне [3], поэтому первая поставленная задача может быть решена правильным подбором материалы для изготовления синхронизирующих шестерен.

2. При создании «сухого» компрессора предлагается использовать бесконтактное уплотнения, которые не имеют пар трения, а следовательно и не требуют смазки, однако утечки рабочей среды через них значительно выше, чем через уплотнения контактного типа [4], что в свою очередь требует решения задачи по предотвращению утечек рабочего вещества в окружающую среду, то есть задачи герметизации корпуса.

3. Данная проблема может быть успешно решена с помощью герметичных муфт электромагнитного действия или муфт на постоянных магнитах [6].

4. Наиболее сложной является проблема, связанная с подшипниковыми узлами. Известны конструкции подшипников скольжения работающих на газовой смазке [5], в качестве которой может использоваться компримируемая среда. По аналогии с гидравлическими подшипниками скольжения, подшипники на газовой смазке делятся на газостатические, газодинамические и гибридные [6]. Принцип работы газостатических подшипников основан на подаче в рабочие полости камеры подшипников газа под избыточным давлением от внешнего источника (компрессора). Газодинамические подшипники работают за счет образования подъемных сил в сужающихся зазорах. В свою очередь гибридные подшипники могут работать в двух режимах в зависимости от конкретных условий. Для применения в составе ВКС предлагается использовать газостатический тип подшипника не допускающий касание поверхностей на всех режимах работы, что также обеспечивает отсутствие продуктов износа твердых смазывающихся покрытий в компримируемой среде.

Работы по использованию газовой смазки в высокоскоростных турбомашинках ведутся с начала 50-х годов. В СССР и современной России эти работы проводились и проводятся в МГТУ им. Баумана, НПО Гелиймаш, НПО Криогенмаш, НПО "Наука", МАИ, ДГУ. За рубежом такие работы ведутся в фирмах: Maxi-Garret - AiResearch (Allied Signal), General Electric, MTI, United Technologies Соф., МТИ (США) Air Liquid, ABG Semka (Франция), British Oxygen (Великобритания) и др.

В настоящее время подшипники на газовой смазке используются в малогабаритных турбокомпрессорах и турбодетандерах [7], приборах морской и воздушной навигации, устройствах для гидростабилизации морских судов, в зубоврачебном и медицинском оборудовании, измерительных устройствах, космической технике и т.д. Наиболее широкое применение газоподпоры нашли в машиностроении в шлифовальных шпинделях и сверлильных фрезерных головках.

Их применение в винтовых компрессорах было невозможным вследствие малой нагрузочной способности, что не позволяло воспринимать силовые нагрузки, действующие на опоры винтовых компрессоров. Таким образом, для применения подшипников на газовой смазке в винтовом компрессоре, необходимо разгрузить опоры компрессора от действия осевых и радиальных сил. Данная проблема может быть успешно решена с помощью специальных разгрузочных устройств [8,9,10,11,12,13].

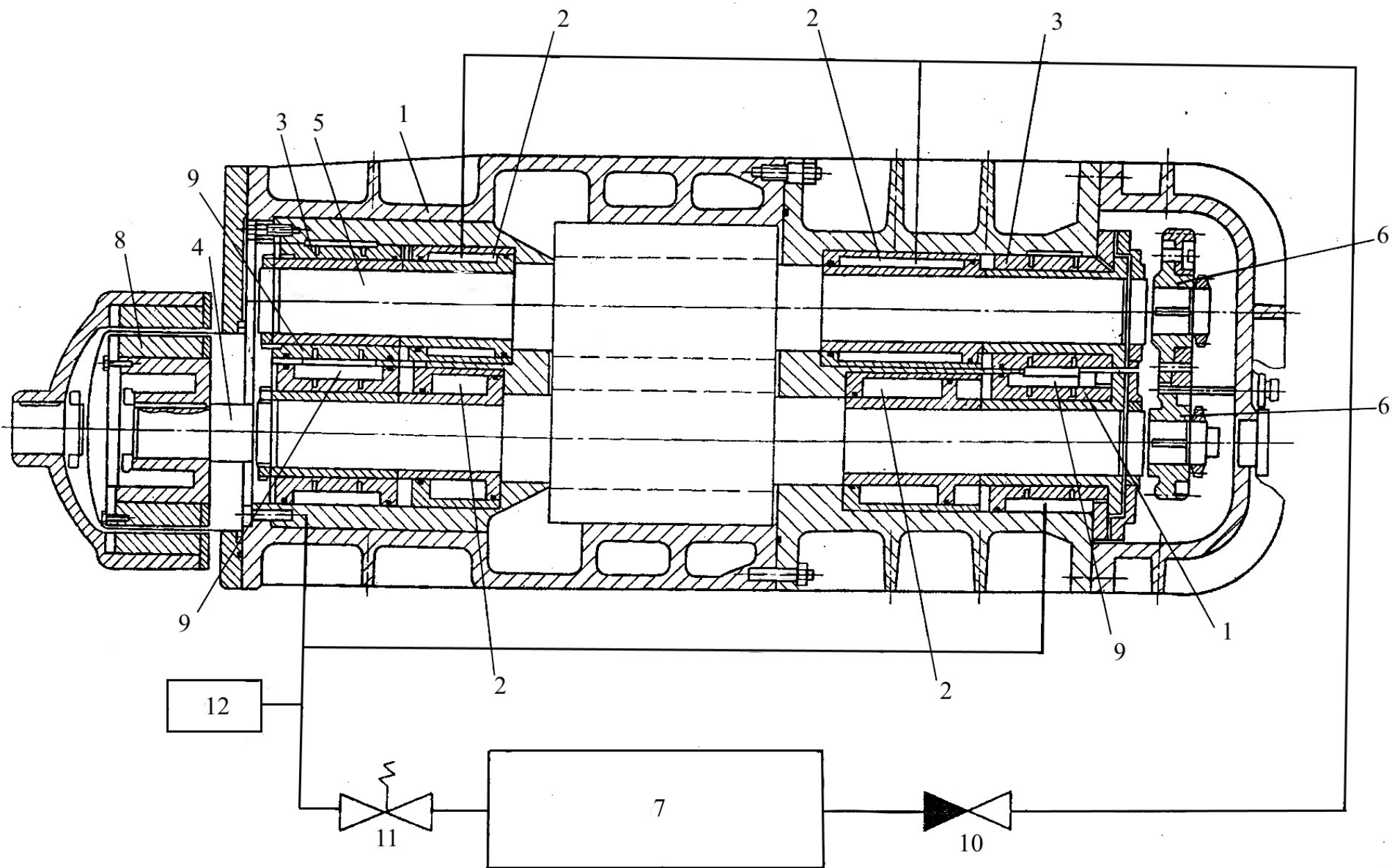
Рассмотрим конструктивную схему винтового компрессора сухого сжатия, способного работать в составе холодильной машины, представленную на рис. 1.

Винтовой компрессор состоит из следующих основных элементов:

- 1 – корпус с всасывающим и нагнетательным патрубками (на рисунке не показаны),
- 2 – разгрузочные полости, связанные с областями всасывания и нагнетания,
- 3 – опоры на газовой смазке,
- 4 – ведущий ротор компрессора,
- 5 – ведомый ротор компрессора,
- 6 – синхронизирующие шестерни,
- 7 – пусковая емкость,
- 8 – магнитная герметичная муфта,
- 9 – рабочие полости опорных узлов,
- 10 – обратный клапан,
- 11 – редукционный клапан,
- 12 – системы автоматического управления (САУ).

Рассмотрим принцип действия винтового компрессора. Следует отметить, что для всех опор скольжения, включая опоры на газовой смазке, наиболее неблагоприятными являются режимы пуска и остановки машины. До пуска машины, предварительно, рабочий газ под избыточным давлением подается на опоры из пусковой емкости 7, через редукционный клапан 11, связанный с системой САУ 12, при этом роторы «всплывают» в слое газовой смазки. При пуске машины роторы начинают вращаться и парные полости винтов компримируют рабочую среду (газ). При выходе компрессора на рабочий режим, сжатый газ в подшипники подается от разгрузочных полостей 2 через обратный клапан 10, пусковую емкость 7 и редукционный клапан 11. Особо следует отметить, что величина давления нагнетания носит пульсирующий характер, а следовательно, постоянно изменяются и нагрузки поэтому при использовании газостатических подшипников необходимо изменять давления газа, подаваемого в подшипниковые камеры. Для этой цели можно использовать системы автоматического управления на основе струйной автоматики [5], которые обладают малой инертностью и значительным быстродействием, по сравнению с традиционными системами управления. Принцип работы струйной техники аналогичен электронике. Управление осуществляется путем взаимодействия струй жидкости или газа в рабочей камере. Теория и практика проектирования струйных систем управления была достаточно хорошо развита в 70-е годы, элементы пневмоники нашли широкое применение в регуляторах советских газотурбинных двигателей в 80-е годы. В настоящее время, струйные системы управления широко используются в современных газотурбинных двигателях [14], например, в двигателе Д-18 самолета Ан-124 "Руслан". Активно идет их внедрение и в гиперзвуковую технику. Так в гиперзвуковой летающей лаборатории "Холод", разработанной в 90-е года в МКБ "Радуга" совместно с КБ Химического машиностроения и ЦИАМ, струйная система управления применяется для управления воздухозаборником. Активное применение струйные системы находят также в мехатронных узлах запорной арматуры газоперекачивающих станций [15,16]. Исследования в области струйных систем в настоящее время продолжает ОМКБ (Омск).

Все вышеизложенное позволяет сделать вывод, что данная конструктивная схема может быть практически реализуема как в холодильной техники, так и в других областях где требуется компримировать газы, не допускающие наличия масла или его паров.



Список литературы

1. *Сақун И.А.* Винтовые компрессоры – Л.: Машиностроение, 1970
2. Холодильные машины. Под общей редакцией Тимофеевского Л.С. – СПб.: Политехника, 2006 – 944 с.
3. Под редакцией Ю.Л. Солнцева «Металлы и сплавы. Справочник. НПО «Профессионал», НПО «Мир и семья», СПб, 2003 г.
4. *Васильев Э.А.* Бесконтактные уплотнения. Л.: Машиностроение, 1974 г., 160 с.
5. *Ильина Т.Е., Пронин В.А.* Предпосылки газостатических подшипников в винтовых компрессорах // «Вестник международной академии холода», 2015. № 3. с.39-44.
6. Bulat P.V., Bulat M. P. 2013. “Basic Classification of the Gas-Lubricated Bearings.” World Applied Sciences Journal. Vol.28(10):P.1444–1448. Retrieved ([http://www.idosi.org/wasj/wasj28\(10\)13/17.pdf](http://www.idosi.org/wasj/wasj28(10)13/17.pdf))
7. *Булат П.В., Продан Н.В., Смирнова О.С.* Применение управляемых газо - и гидростатических подшипников в турбонасосных агрегатах многофазовых комбинированных ЖДР / П.В. Булат, Н.В. Продан, О.С. Смирнова // Журн. Фундаментальные исследования – 2013. – №. 4, Ч 2. – С. 335–339
Писаревский А.Ю. Исследования и разработка магнитных муфт для герметичных машин. Дисс. на соискание степени к.т.н. Воронеж, 2008 г., - 237 с.
8. *В.А. Пронин* Исследование винтового компрессора с саморазгружающимися опорными узлами. Дисс. на соискание степени к.т.н. Л., 1978 г., - 238 с.
9. Авторское свидетельство №519556 «Винтовой компрессор». Г.Ф. Берданосов, Б.Л. Гринпресс, В.А. Пронин. Заявлено 01.03.1971 г., (21) 1632126/06.
10. Авторское свидетельство №435359 «Винтовая машина». Г.Ф. Берданосов, В.А. Пронин. Заявлено 07.06.1971 (21) 1665763/24-6.
11. Авторское свидетельство № 669066 «Винтовая машина». В.И. Пекарев, В.А. Пронин, В.И. Ведайко. Заявлено 04.07.1977 (21) 2503314/25-06.
12. Системы управления на элементах струйной техники ГТД// Информационный портал в сфере авиации. URL: <http://avia.pro/blog/sistemy-upravleniya-na-elementah-struynoy-tehniki-gtd> (дата обращения 25.10.2015).
13. *Саяпин В.В., Урываева Е.А.* Струйные приводы «КИТЭМА» –экологически чистые системы управления шаровыми кранами газораспределительных станций и магистральных газопроводов. Наука и конструирование. 2009, №2, с.27-29.
14. Пневматические приводы со струйным двигателем "ПСДС-3" и "ПСДС-7" для запорной арматуры газопроводов Ду 50 ... 1200 мм // Открытое акционерное общество «Уфимское приборостроительное производственное объединение» [офиц. сайт]. URL: <http://www.upro.ru/production/nefteprod/pnevmo/> (дата обращения: 25.10.2015).

Статья поступила в редакцию 06.11.2015 г.