

УДК 621.51

Производство чистых технических газов на установках разделения воздуха в поршневых компрессорах модернизированных ЗАО «БАРРЕНС» для работы без цилиндровой смазки

Д-р техн. наук В. П. ЗАХАРЕНКО, А. В. ЗАХАРЕНКО,
ЗАО «БАРРЕНС», 190020, Санкт-Петербург, наб. Обводного канала, 148

Piston compressors updating which includes the change-over of cylinder-piston group to work without cylinder lubricant is especially relevant for air separation units producing technical gases free of oil such as azote, oxygen, argon etc. Lubricant-free packing delivered by Barrens, JSC is produced of our own new self-lubricated 4th generation materials BARS-500. Assembly constructions of piston and rod packing are characterized by high reliability and working life.

Keywords: piston compressor, step of a high pressure, sealing rings, discharge pressure.

Ключевые слова: поршневой компрессор, ступень высокого давления, уплотнительные кольца, давление нагнетания.

Производство чистых технических газов таких как кислород, азот и аргон, спрос на которые сегодня особенно вырос, зависит от совершенства применяемого оборудования. Основным элементом многих технологических производств, особенно установок разделения воздуха, являются компрессорные машины. Здесь применяются самые крупные и мощные поршневые компрессоры высокого давления. Это сложная компрессорная техника, работающая непрерывно по 8000 ч / год, от которой требуются высокая надежность и безопасность. Количество масла, расходуемого на смазку цилиндропоршневых групп (ЦПГ), исчисляется тоннами. Для производства, чистых от масел, технических газов очень важно не загрязнять их смазкой, так как системы очистки сложны, громоздки и весьма дорогостоящи. По этой причине модернизация поршневых компрессоров переводом на работу без цилиндровой смазки или с ограниченной смазкой сегодня особенно актуальна и востребована заводами, производящими технические газы. Такая реконструкция не требует больших затрат и осуществима в самые короткие сроки.

Многолетние научные исследования и большое количество модернизированных компаний «БАРРЕНС» поршневых компрессоров, выполненных практически на всех базах вертикальных, угловых, П-образных, V-образных, оппозитных с поршневым усилием от 1 до 40т, позволили выработать классическую схему реконструкции компрессоров переводом на «сухой ход», т.е. на работу поршневых групп без цилиндровой смазки. Такое исполнение возможно только применительно к компрессорам крейцкопфного типа, механизм движения которых смазывается жидким индустриальным маслом от шестеренчатого насоса, а цилиндры и сальники смазываются высокосортным маслом от лубриката — насоса высокого давления. Именно эту лубрикаторную смазку в компрессорах крейцкопфного

типа низкого, среднего и высокого давлений отключают при переводе машин на «сухой ход», а механизм движения оставляют работать со смазкой. Промежуточный фонарь является границей разделения смазываемой зоны — механизма движения и не смазываемой зоны — цилиндропоршневых групп.

Вертикальное исполнение рядов является самым лучшим для поршневых компрессоров без смазки цилиндров и сальников, так как отсутствует нагрузка на опорные элементы от веса поршней, а это значительно повышает надежность и долговечность узлов поршневых групп. Специалистами ЗАО «БАРРЕНС» создана вертикальная база 3ГВ2,5 с поршневым усилием 2,5т, на которой изготовлены компрессоры без цилиндровой смазки 3ГВ2,5–1,1/5,5–251С дожимающие природный газ от 0,55 до 25 МПа (рис. 1). Вертикальная база позволяет изготавливать целое семейство компрессоров без цилиндровой смазки для кислорода, азота, аргона и других газов давлением нагнетания до 25 МПа (таблица).

С момента появления первого отечественного компрессора без смазки прошло более 45 лет. За это время в компании «БАРРЕНС» накоплен огромный теоретический, исследовательский и эксплуатационный опыт по этим машинам. Самая большая группа модернизированных нами стационарных поршневых компрессоров — это компрессоры производительностью от 3 до 120 м³/мин на угловых и оппозитных базах: 202ВП–12/3, 2ВМ4–54/3, 302ВП–10/8, ВП3–20/8 (ВП–20/9), 2ВМ4–24/9, 2ВМ4–27/9, 305ВП–30/8, ВП–50/8, 2ВМ2,5–14/9, 2ВМ10–63/9, 4ВМ10–100/8, 4ВМ10–120/9 и др.

Необходимость перевода на работу без цилиндровой смазки поршневых компрессоров среднего и высокого давлений типа СГ–50, 305ВП–16/70, 402ВП — 4/220, 4Г–80/5,5–220, 4М10–40/70, 6М16–140/220М1 обусловлена не только требова-

Семейство компрессоров без смазки ЦПГ на вертикальной базе ЗГВ2,5

Новая марка компрессора на базе ЗГВ2,5	Рабочий газ	Производительность, м ³ /мин	Давление нагнетания, МПа	Мощность, кВт	Частота вращения вала, мин ⁻¹
3ВВ2,5–10/9С	Воздух, азот	10	9	75	735
ЗГВ-10/4,5С	Водород	10	4,5	75	735
3ВВ-6/19С	Воздух	6	19	75	735
ЗГВ-6/19С	Кислород, азот, водород	6	19	75	735
3ВВ-13/19С	Воздух	13	19	75	735
ЗГВ-13/19С	Кислород, азот, воздух	13	19	132	1000
ЗГВ-12/36С	Кислород, азот, воздух	12	36	132	1000
3ВВ-5/71С	Воздух	5	71	132	735
ЗГП-5/71С	Водород	5	71	132	735
3ВВ-2/221С	Воздух	2	221	132	735
ЗГВ-2/221С	Аргон, Азот, Кислород	—	—	132	735

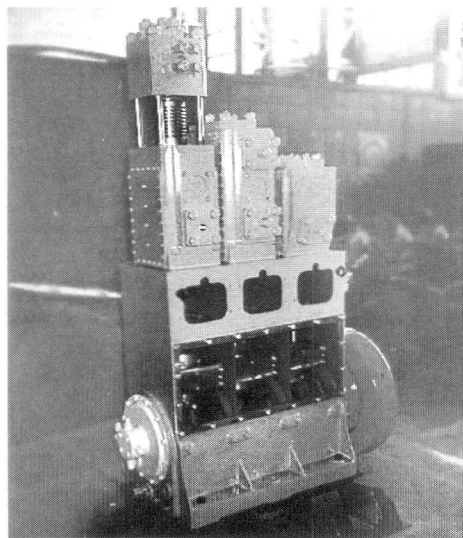


Рис. 1. Трехрядный компрессор без цилиндрической смазки ЗГВ2,5–1, 1/5,5–251С на вертикальной базе для сжатия природного газа. Максимальная мощность 132 кВт

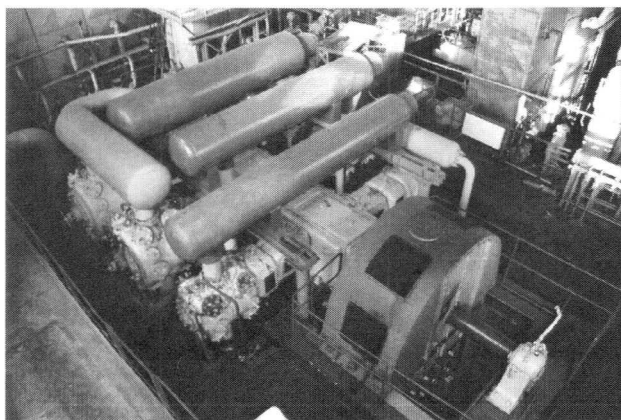
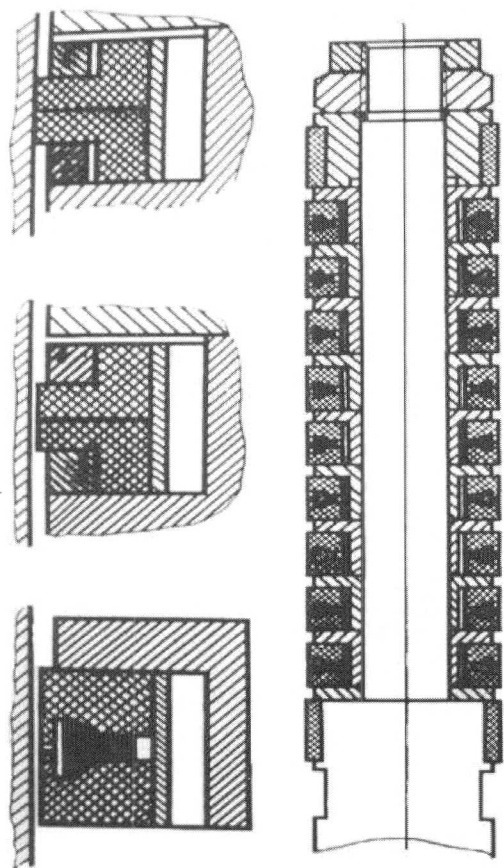


Рис. 2. Шестирядный оппозитный воздушный компрессор 6ГМ16–140/200М1, работающий с ограниченной смазкой, в блоке разделения воздуха КЖ-2. Приводная мощность — 2000 кВт, давление нагнетания — 20,0 МПа, число оборотов вала — 375 об/мин

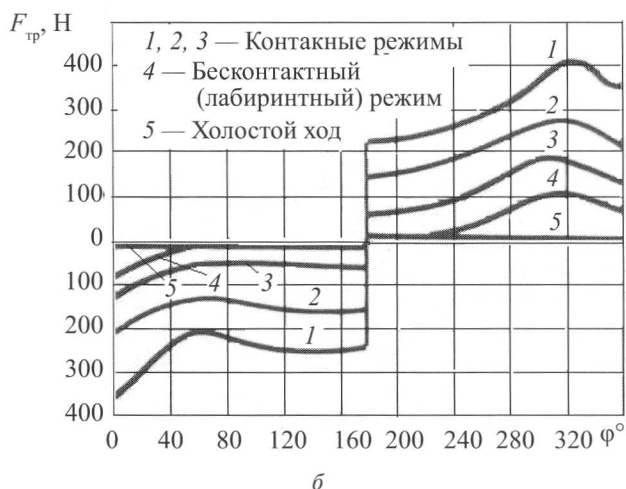
ниями чистоты газа, но и взрывами, причиной которых являются масло и продукты его разложения.

Типовая реконструкция перечисленных компрессоров включает в себя конструкторскую разработку новых поршневых групп с бессмазочными уплотнениями поршней и штоков и опорно-направляющими устройствами, расчет распределения перепадов давлений и контактных нагрузок на кольца в многокольцевых уплотнениях, расчет опорных устройств, изготовление новых поршневых групп, включая основные и приработочные комплекты уплотнений, шеф-монтажные и пусконаладочные работы, ввод компрессоров в эксплуатацию без цилиндрической смазки. ЗАО «БАРРЕНС» выполняет весь цикл работ «под ключ».

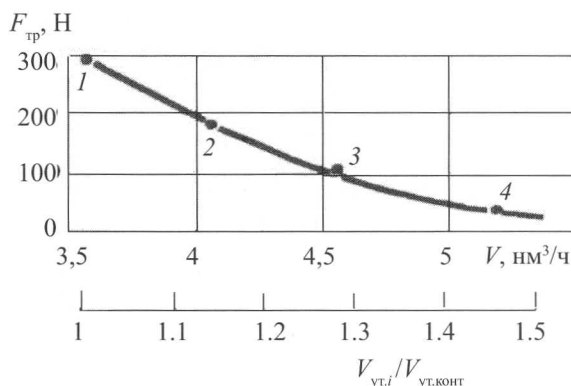
На заводах химических, нефтеперерабатывающих, металлургических и, особенно, кислородных работает огромное количество компрессоров среднего давления на угловой базе типа 305ГП-16/70, компримирующих как азот, так и воздух. Компания «БАРРЕНС» осуществляет модернизацию их в полном объеме с переводом на сухой ход всех 4-х ступеней. При этом изготавливаются новые поршневые группы 3-й и 4-й ступени. С точки зрения работы без смазки на воздухе эти машины эксплуатируются без особых проблем. Сжатие сухого азота наиболее затруднительно, так как бессмазочные уплотнения поршней и штоков из известных композиционных материалов не работают и быстро изнашиваются. Потребовалась разработка специальных самосмазывающихся композиционных материалов типа ВАРС-505 и ВАРС-525. Аналогичные работы были выполнены при модернизации более крупных оппозитных компрессоров 4М10–40/70 [1]. На многих предприятиях эксплуатируются оппозитные кислородные компрессоры 4М10–40/35, для которых «БАРРЕНС» поставляет бессмазочные уплотнения из специального материала ВАРС-535, которые имеют минимальное



а



б



в

Рис. 3. Контактно-лабиринтное многокольцевое уплотнение поршня ступеней высокого давления с плавающими кольцами бандажного типа (а); графики зависимостей силы трения (б) и утечки (в) от приработки

трение и достаточно высокий срок службы в условиях сжатия сухого кислорода.

Примерами модернизации компрессоров на установках разделения воздуха могут быть компрессоры СГ-50 (Комбинат синтетических волокон, г. Курск), установки КТ-3600Р с компрессорами высокого давления 4Г-80/5,5–220 (Новомосковское ПО «АЗОТ»), установки получения жидкого кислорода (Суперфосфатный завод и Сирийский ГКОЗ, Узбекистан). На этих предприятиях компанией «БАРЕНС» модернизированы и введены в эксплуатацию без смазки цилиндры и сальников четыре пятиступенчатых угловых компрессора 402ВП-4/220. В объем модернизации вошли изготовление и поставка новых поршней и цилиндров для всех ступеней.

Самыми сложными, в части реконструкции переводом на безмасляную технологию, являются крупные поршневые компрессоры, такие как 3Г-50/200 и 3Г-100/200 приводной мощностью соответственно 1250 и 2000 кВт, которые работают на 5 блоков разделения КЖ-1АР и обеспечивают производство качественного жидкого кислорода и аргона. Более крупный и сложный в техническом отношении компрессор 6М16–140/200М2 работает в установке ожижения газа ОА-4000 в режиме ограниченной смазки (рис. 2). Недостаточный ресурс уплотнения поршня ступени высокого

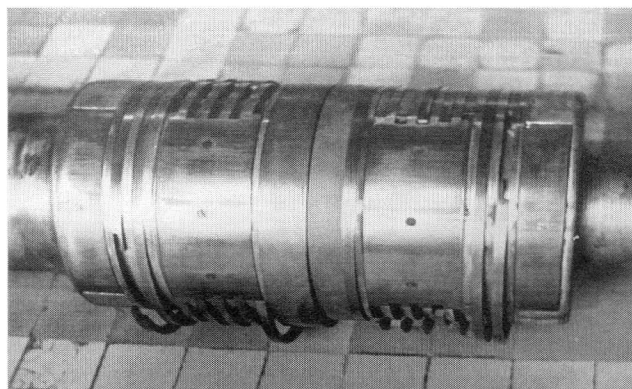


Рис. 4. Поршень с развитой опорной поверхностью после 2000 ч работы без смазки при удельном давлении на опорной части более 1 кгс/см²

давления (5-я и 6-я ступени) является проблемным в эксплуатации [2]. Поэтому для ступеней высокого давления разработано принципиально новое уплотнение контактно-лабиринтного типа, обеспечивающее минимальное трение и износ (рис. 3). После приработки уплотнительных колец на 0,1 мм они заходят на бандажные кольца своими плечиками и работают почти без трения с минимальным зазором.

Модернизация оппозитных компрессоров 6М16–140/200 потребовала также создание более совершенной конструкции сальника. Такой

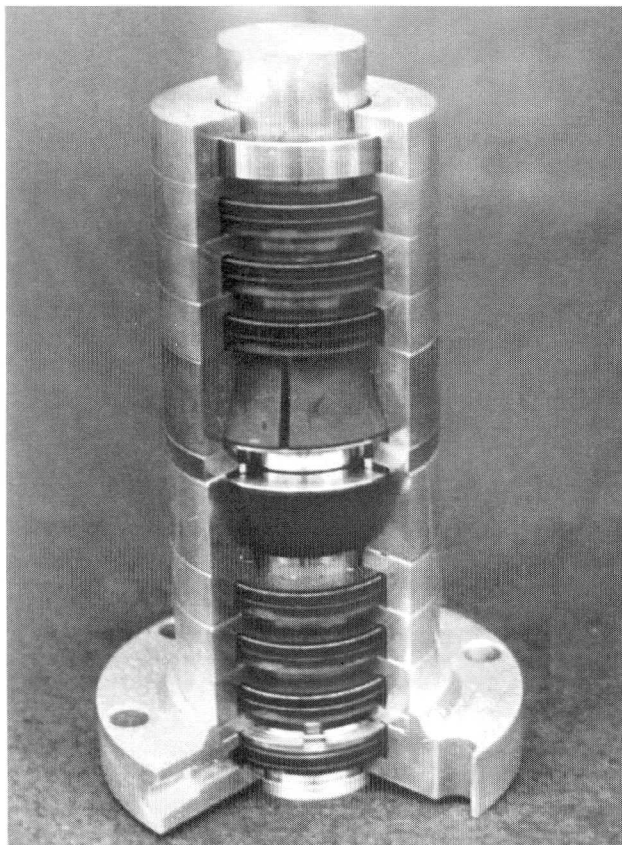


Рис. 5. Устройство уплотнения штока без смазки с теплосъемными коническими элементами

сальник был создан с теплосъемными коническими элементами из высокотеплопроводного композиционного материала (рис. 4). Достаточно эффективное и не очень сложное решение было воплощено в другой конструкции сальника высокого давления с охлаждаемыми рабочими камерами (рис. 5). Однако самым эффективным для сальника 5-й ступени компрессора

6М16–140/200М2 следует считать создание сальника с отсутствием «мертвых зон» перегрева, которое отличается простотой, надежностью и высоким ресурсом.

Для тяжелых дифференциальных поршней весом более 1000 кг, работающих при средней скорости поршня равной 3,5–4,5 м/с, разработана конструкция с развитой опорной поверхностью, которая позволяет работать без смазки при удельном давлении на опорной части более 1 кгс/см².

В качестве примера, только по одному показателю применение неметаллических уплотнений из самосмазывающихся материалов при общей установленной мощности крупных компрессоров высокого давления равной 196 920 кВт дает экономии 15 млн кВт в год за счет снижения потерь на трении на 1%, достигаемое, благодаря вдвое меньшему коэффициенту трения по сравнению с чугунными кольцами.

Большой положительный опыт, накопленный компанией «БАРРЕНС», позволяет сегодня модернизировать любой поршневой компрессор крейцкопфного типа переводом на безмасляную технологию и обеспечить различные технологические производства чистыми от масла сжатыми газами давлением до 30 МПа.

Список литературы

1. Захаренко В. П. Разработка и испытания новых поршневых компрессоров без смазки // Компрессорная техника и пневматика. 1997. № 14–15.
2. Захаренко В. П., Новиков И. И. Компрессоры высокого давления без смазки для АГНКС. / Труды десятого международного симпозиума «Потребители-производители компрессоров и компрессорного оборудования — 2004». — Санкт-Петербург. 2004.