

## МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

К.Н. Юдкин, студент гр. ХНмоз – 141, II курс  
Научный руководитель: Е.В. Черкасова, к.х.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Центробежные компрессорные машины получили широкое распространение в химической, нефтяной и газовой промышленности. Центробежные компрессоры (ЦК) в составе технологических установок незаменимы при производстве высококачественного бензина и смазочных материалов, переработке углеводородов и их производных, производства удобрений, транспортировки и сжижении природного газа. Применение ЦК в производственных циклах повышенной опасности предъявляет существенные требования к надёжности их отдельных узлов и агрегата в целом.

Целью данной работы являлось изучение путей модернизации систем «сухих» газодинамических уплотнений компрессоров (СГУ).

По данным, приведённым авторами [1] наиболее слабыми узлами турбомашин являются опорно-уплотнительные системы роторов. В центробежных насосах и компрессорах около 16% всех неисправностей составляет выход из строя упорных подшипников, а почти 40-80% отказов и производственных потерь происходит из-за выхода из строя уплотнений, при этом количество отказов растёт по мере увеличения единичной мощности ЦК.

На НПФ «Грейс-инжиниринг» отработаны системы СГУ для давлений до  $300 \text{ кг/см}^2$  с однонаправленным и реверсивным вращением. Произведена поставка комплекта реверсивных уплотнений на давление  $280 \text{ кг/см}^2$  для синтез-газа одного из предприятий России, а также 12 систем СГУ на давление  $140\text{--}255 \text{ кг/см}^2$  для ОАО «СМНПО им М.В. Фрунзе» (г. Сумы Украина) [3].

К концу 20 века в качестве концевых уплотнений роторов ЦК наибольшее применение имели бесконтактные радиально-щелевые уплотнения с плавающими кольцами и подводом затворной жидкости, гидростатические уплотнения, и торцовые уплотнения с масляным затвором. Основным недостатком вышеперечисленных типов уплотнений является необходимость включения в технологическую схему агрегата, системы обеспечения циркуляции уплотнительной жидкости. Давление, подводимой к уплотнениям жидкости, например масла, на всех режимах работы ЦК должно превышать уплотняемое давление, которое может достигать 10 МПа и выше. Это обстоятельство приводит к загрязнению компримируемого газа и безвозвратным потерям уплотнительной жидкости (масла). Проникновение уплотнительного масла в технологический процесс приводит к существенным финансовым потерям.

Система обеспечения циркуляции уплотнительного масла, включающая

маслобак, фильтры, маслоловушки, насосы высокого давления, арматуру и теплообменники существенно усложняет конструкцию ЦК и приводит к удорожанию агрегата в целом.

Вышеперечисленные недостатки системы концевых уплотнений корпуса сжатия ЦК можно исключить применением системы «сухих» газодинамических уплотнений (СГУ), которые не требуют громоздкой и энергоёмкой системы обеспечения работоспособности. При этом исключается загрязнение сжимаемого газа маслом, снижаются потери мощности на трение в уплотнениях, повышается ресурс их работы.

Для применения в газовых ЦК наибольшее распространение получили четыре основные конструкции СГУ, используемые в зависимости от условий эксплуатации: одноступенчатое, двухступенчатое (тандемное), трёхступенчатое, двухстороннее («спина к спине»).

Одноступенчатые уплотнения чаще всего применяются в компрессорах сжимающих газы, утечка которых в окружающую среду не представляет опасности, например, в процессах компримирования воздуха или азота. СГУ такого типа могут применяться также, вследствие конструктивных особенностей ЦК.

Основным недостатком одноступенчатых СГУ является то, что при разрушении газодинамической ступени, например по причине нарушения технического регламента работы компрессора, уплотняемый газ попадает в область подшипниковых камер и далее в машинный зал [2].

Такого недостатка не имеет конструкция двухступенчатого (тандемного) уплотнения. Основным отличием такой конструкции является наличие второй – страховочной газодинамической ступени, которая в случае разрушения или износа первой – рабочей ступени, предотвращает проникновение уплотняемого газа в область машинного зала. Это обстоятельство, при износе первой ступени и недлительном сроке до планового останова технологической линии, позволяет не останавливать компрессор для замены уплотнения и продолжить работу на страховочной ступени. Отмеченные преимущества обуславливают наибольшее применение двухступенчатой конструкции СГУ в ЦК перед остальными конструкциями уплотнений.

Область применения двухступенчатых уплотнений ограничивается высоким уплотняемым давлением, когда при проектировании СГУ не удаётся обеспечить приемлемый (с точки зрения безвозвратных потерь уплотняемого газа) расход утечки. В этом случае применяется трёхступенчатое уплотнение.

В такой конструкции первая и вторая ступени являются рабочими, третья – страховочной. Уплотняемое давление полностью снижается на первой и второй ступенях в соотношении близком 50:50. Назначение камер подвода отвода буферного и барьерного газов у трёхступенчатого СГУ аналогично камерам двухступенчатого СГУ.

В компрессорах, используемых в технологических процессах, для которых недопустимо попадание сжимаемого газа в окружающую среду может быть применено двухстороннее СГУ («спина к спине»).

При применении двухстороннего СГУ необходимо учитывать проникновение буферного газа в сжимаемую среду. Поэтому необходимо наличие буферного газа, совместимого с рабочим и под давлением, превышающим уплотняемое давление. Необходимости наличия линии отвода утечек на факел при применении двухстороннего СГУ нет.

В данной работе предлагается:

1. Узлы уплотнений устанавливать вместо масляных уплотнений без доработки крышек компрессора;
2. Сохранять все уравнивательные линии;
3. В уплотнении применять технологию эксплуатации без контакта между торцами поверхности уплотнительной пары. При подаче давления более  $1,5 \text{ кгс/см}^2$  без вращения устанавливать минимальный уплотнительный зазор. Вследствие этого, контакт отсутствует при пуске и останове, валоповороте, при возможной обратной раскрутке ротора.
4. Для уплотнительных пар и эластомеров применять высокопрочные материалы лучших мировых производителей. При этом коэффициент запаса прочности материалов уплотнительных пар при давлении  $260 \text{ кгс/см}^2$  составляет не менее 8,0;
5. Организовать охлаждение первой ступени, позволяющее снизить количество подаваемого буферного газа на 20–50%;
6. Производить все сервисные и ремонтные работы на месте эксплуатации без отправки узлов уплотнений на базу завода изготовителя;
7. Приёмо-сдаточные испытания узлов уплотнений производить в среде гелия, максимально близкой по свойствам к синтез-газу [3].

В системах с торцевыми масляными уплотнениями сложное вспомогательное оборудование масляного хозяйства требует значительного объема ремонтных работ и работ по техническому обслуживанию. Системы СГУ имеют меньшее число вспомогательных узлов, что и обеспечивает повышение общей надежности, и снижение количества простоев компрессора.

Предполагаемая экономия топливного газа на собственные нужды является основным экономическим фактором, оправдывающим применение систем СГУ в газовой и химической промышленности.

### Список литературы

1. Максимов В.А., Баткис Г.С. Трибология подшипников и уплотнений жидкостного трения высокоскоростных турбомашин / В.А. Максимов, Г.С. Баткис. – Казань: ФЭН, 1998. – 428 с.
2. Новиков Е.А. Разработка, исследование и внедрение «сухих» газодинамических уплотнений центробежных компрессорных машин: дис. д-ра технич. наук. – Казань, 2014. – 280 с.
3. Пшеничный Д.Г., Павлюк С.А. Виброустойчивые сухие газовые уплотнения компрессоров высокого давления для сложных условий эксплуа-

тации / Д.Г. Максимов, С.А. Павлюк // Ремонт и модернизация компрессорного и насосного оборудования химических производств: сборник докладов участников семинара "ЭККОН-11" XIII Международной научно-технической конференции "Гервикон-2011" / Под ред. В.С. Марцинковского. – Сумы: СумГУ. – 2011. – С. 67–74.