

ГЕРВИКОН
HERVICON

ЭККОН
ЕККОН



6 - 9 сентября 2011, СумГУ, г. Сумы, Украина

XIII Международная научно-техническая конференция "ГЕРВИКОН-2011"

Международный форум "НАСОСЫ-2011"

Семинар "ЭККОН-11"

ВИБРОУСТОЙЧИВЫЕ СУХИЕ ГАЗОВЫЕ УПЛОТНЕНИЯ КОМПРЕССОРОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ СЛОЖНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Пшеничный Д.Г.¹, Павлюк С.А.², Колесник С.А.³

АННОТАЦИЯ

Рассматривается разработка системы сухих газовых уплотнений производства НПФ «Грейс-инжиниринг» для компрессоров синтез-газа высокого давления. Система сухих газовых уплотнений устанавливается взамен масляной системы уплотнений. Создано комплексное решение модернизации компрессоров синтез-газа, при котором устанавливается эффективная и безопасная система сухих газовых уплотнений, уменьшается виброактивность роторов, значительно повышается надёжность работы всего компрессора.

Ключевые слова: сухие газовые уплотнения, компрессор синтез – газа.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время потребность в системах сухих газовых уплотнений (СГУ) компрессоров стала все более ощущаться для замены систем масляных уплотнений высокого давления. Это связано с высокой пожароопасностью масляного оборудования в химической промышленности и других отраслях, что часто приводит к серьезным авариям и пожарам, а также в связи с

¹ Пшеничный Денис Геннадьевич, зам. главного конструктора, научно-производственная фирма «Грейс-инжиниринг», ул. Белопольское шоссе, 31, 40032, г. Сумы, Украина.

² Павлюк Сергей Анатольевич, технический директор, научно-производственная фирма «Грейс-инжиниринг», ул. Белопольское шоссе, 31, 40032, г. Сумы, Украина.

³ Колесник Сергей Алексеевич, главный конструктор, научно-производственная фирма «Грейс-инжиниринг», ул. Белопольское шоссе, 31, 40032, г. Сумы, Украина.

необходимостью установки компрессоров высокого давления на подземных хранилищах газа и на некоторых линейных и дожимных компрессорных станциях газопроводов.

На НПФ «Грейс-инжиниринг» отработаны системы СГУ для давлений до 300 кг/см² с однонаправленным и реверсивным вращением.

Произведена поставка комплекта реверсивных уплотнений на давление 280 кг/см² для синтез-газа одного из предприятий России, а также 12 систем СГУ на давление 140...255 кг/см² для ОАО «СМНПО им М.В. Фрунзе» (г. Сумы Украина).

1. СИСТЕМА СУХИХ ГАЗОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ КОМПРЕССОРОВ СИНТЕЗ- ГАЗА ПРОИЗВОДСТВ АММИАКА

1.1. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Условия эксплуатации компрессоров синтез-газа требуют от системы СГУ специальных решений, которые обуславливают следующие факторы:

- ограниченное как в осевом, так и в радиальном направлении место установки уплотнений;
- возможное обратное вращение ротора;
- режим валоповорота при частоте 8,4об/мин - 24 часа при давлении в корпусе 2... 20 кг/см²;
- кратковременная работоспособность при давлении 260 кг/см² и низких оборотах 3 000 об/мин;
- работоспособность при амплитуде вибрации до 250 мкм;
- количество пусков-остановов - 10 в год, межремонтный пробег – 5 лет, назначенный срок службы 10 лет;
- сохранение динамической устойчивости валопровода компрессора после реконструкции.

Таблица 1 – Параметры условий эксплуатации уплотнений

Наименование параметра	Значение
1. Частота вращения (max), об/мин	11 000
2. Уплотняемое давление (nom), бар	205
3. Температура в уплотнении (max), °С	193

1.2. ОГРАНИЧЕННОЕ МЕСТО УСТАНОВКИ УПЛОТНЕНИЙ

1.2.1. Стандартное решение

При стандартном методе решения задачи изготовления СГУ для компрессора поз.103-Ж, основанном на обычных подходах проектирования уплотнения высокого давления со стандартными материалами, узел уплотнения имеет большие габариты. Это требует от заказчика приобретения как минимум двух крышек («пауков») компрессора корпуса высокого давления с новым, значительно расширенным местом установки уплотнения.

Стандартная реконструкция усложняет весь комплекс работ, удлиняя на 12...15 суток плановый остановочный ремонт. Модернизация по такой схеме уже проводилась на одном из предприятий химической отрасли России. На эту реконструкцию потребовалось 45 суток.

На рисунке 1 показано, какие доработки деталей компрессора необходимы для установки СГУ в данном варианте.

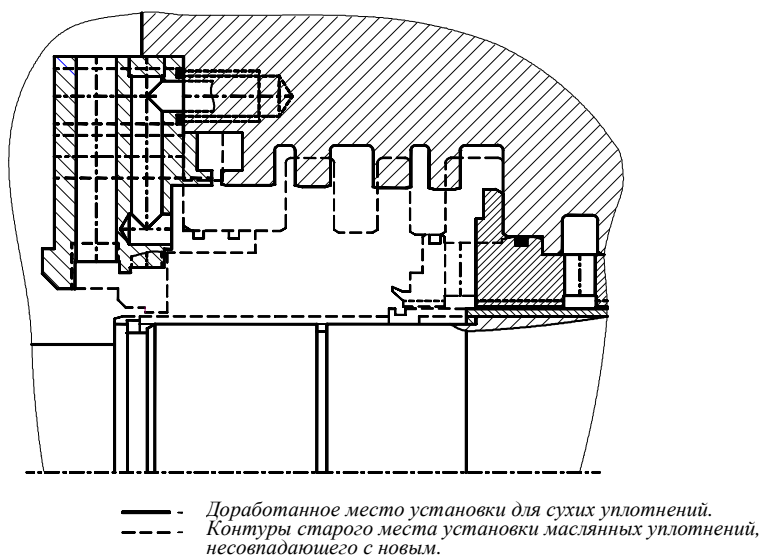


Рисунок 1 - Доработка деталей компрессора при стандартном решении

1.2.2. Решение НПФ «Грейс-инжиниринг»

НПФ «Грейс-инжиниринг» поставила задачу реализовать проект без переделки крышек компрессора корпуса высокого давления, что делает его гораздо более доступным и приемлемым для заказчика.

На рисунке 2 показано, какие доработки деталей компрессора необходимы для установки СГУ в данном варианте.

В основе решения поставленной задачи лежит применение более прочных материалов для всех максимально нагруженных деталей, и несколько удачных конструктивных решений, позволяющих максимально снизить деформации деталей от давления и температуры в диапазонах: 0...200°C и 0...280 бар.

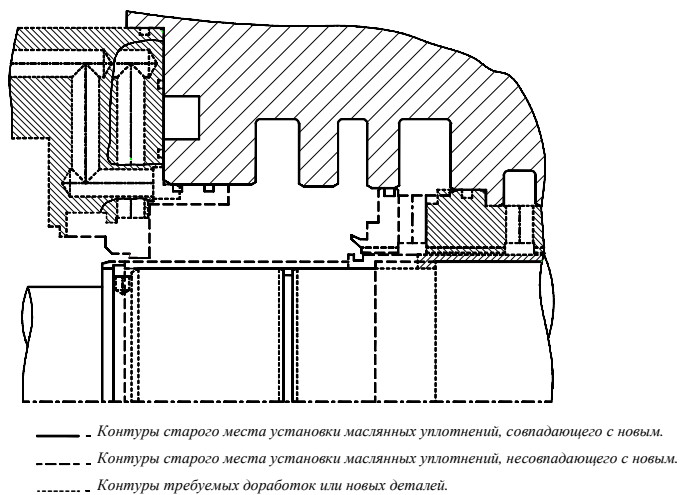


Рисунок 2 - Доработка деталей компрессора по варианту НПФ «Грейс-инжиниринг»

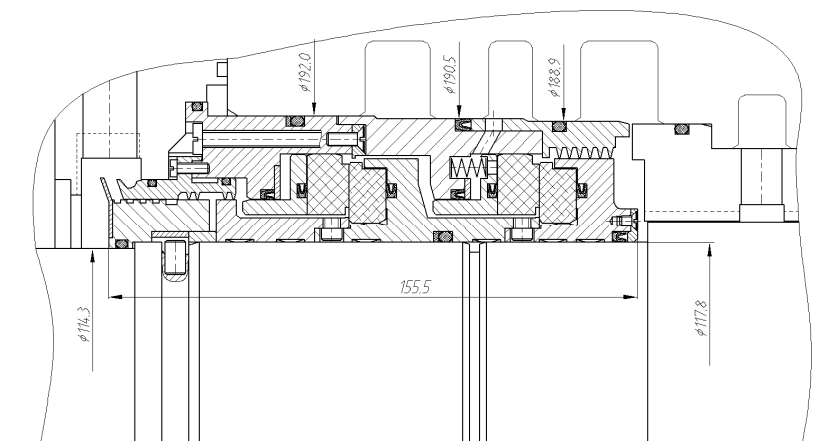


Рисунок 3 - Узел СГУ производства НПФ «Грейс-инжиниринг» для компрессора синтез-газа поз. 103-Г

1.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРИ ОБРАТНОМ ВРАЩЕНИИ РОТОРА

Многие производства аммиака реально имеют такие технологические решения и арматуру обвязки компрессора синтез-газа, которые во всех возможных случаях останова компрессора не позволяют обеспечить своевременный сброс давления с линии нагнетания. При этом возникает достаточно резкий останов, а затем кратковременное обратное вращение ротора компрессора.

Для обеспечения работоспособности уплотнений в таких ситуациях нами разработаны два вида канавок вращающихся уплотнительных колец: однонаправленные и реверсивные.

В случаях, когда в конкретном цехе аммиака за последние несколько лет, на практике, было несколько ситуаций с обратным вращением ротора компрессора синтез-газа, устанавливаются уплотнения с кольцами с реверсивной канавкой. Если же компрессор за всю практику эксплуатации не имел случаев обратной раскрутки ротора, то наилучшим решением является установка однонаправленных уплотнений с максимально жёстким несущим газовым слоем.

Во всех случаях на 2-ю резервную ступень узла уплотнения может устанавливаться реверсивная уплотняющая пара, так как она работает только на аварийном выбеге при потере герметичности 1-й ступени

1.4. РЕЖИМ ВАЛОПОВОРОТА И ЧАСТЫЕ ПУСКИ-ОСТАНОВЫ

Режим валоповорота включается при прогреве турбины перед пуском компрессора и при охлаждении турбины после остановки компрессора.

Время непрерывного вращения всего валопровода может достигать 24 часов, температура уплотнений может быть от 0 до 200°C.

Эта задача решена при помощи создания оптимально разгруженной пары уплотнения, которая не имеет контакта уплотнительных поверхностей при давлении от 2-х до 20-ти бар при указанном диапазоне температур.

При этом возникает значительная утечка, но именно поэтому мы имеем гарантию стабильного зазора между поверхностями для идеальной работы уплотнений.

Этот же фактор является гарантом обеспечения долговечности работы уплотнений при частых пусках-остановах

1.5. РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПРИ ДАВЛЕНИИ 260 КГ/СМ² И НИЗКИХ ОБОРОТАХ 3 000 ОБ/МИН

Этот режим работы возникает кратковременно до 50 секунд при останове компрессора в связи с тем, что происходит перетекание газа из нагнетания на всасывание.

В этом случае, из-за снижения оборотов ротора происходит снижение динамической составляющей зазора уплотнительной пары, но статическая составляющая рассчитана таким образом, что при этих параметрах обеспечивается достаточно устойчивый газовый клин и не происходит касания поверхностей.

1.6. ПОВЫШЕННАЯ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ УПЛОТНЕНИЙ

Реальный опыт эксплуатации компрессоров синтез-газа показывает, что имеется достаточно большое количество ситуаций, при которых возникает повышение вибрации роторов, аварийный останов и даже помпаж с большими амплитудами вибрации в центральной части ротора. При этом происходит смятие всех лабиринтных уплотнений, и амплитуда вибрации в области уплотнений может достичь 250 мкм.

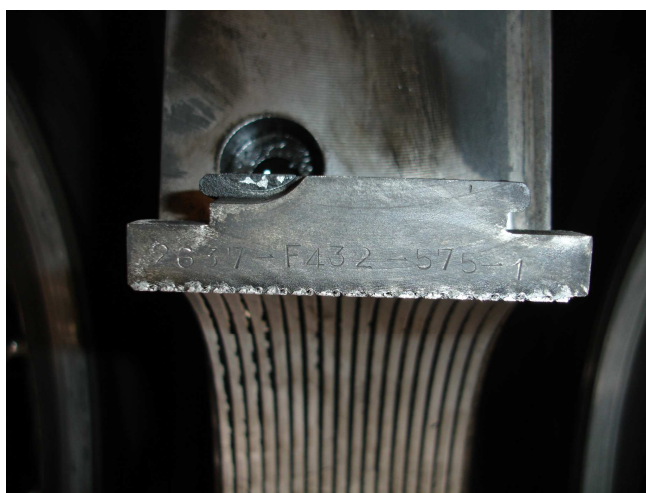


Рисунок 4 - Состояние лабиринтных уплотнений

Обычное исполнение сухих газовых уплотнений предусматривает работоспособность при вибрациях с амплитудой до 100 мкм, поскольку конструктивные зазоры между хрупким седлом из твёрдого сплава и

стальной роторной втулкой не более 100 мкм. Такие же зазоры и между роторной втулкой и валом.

Для того, чтобы обеспечить работоспособность уплотнения при таких вибрациях, нами применены такие конструктивные решения, которые позволяют седлу оставаться в собственной оси вращения под действием гироскопического момента. При этом роторная втулка также сглаживает часть амплитуды колебаний, не касается седла и не производит удара в процессе вибрации.

Такая конструкция достигается за счёт применения упруго-гибких связей с точным расчётом упруго-инерционных свойств демпферов и вторичных уплотнений, через которые соединяются вал, роторные втулки и сёдла.

Конструкция успешно применена нами на нагнетателях природного газа с магнитными подшипниками, где существует вероятность колебаний роторов в зоне уплотнений до 500 мкм, поскольку зазоры в магнитных подшипниках достигают 1 мм. При наладке системы магнитного подвеса в процессе эксплуатации были несколько раз зафиксированы вибрации роторов в зоне подшипников и уплотнений до 250 мкм. Наблюдались случаи вибрации до 800 мкм. При этом уплотнения оставались в работоспособном состоянии и не претерпевали никаких повреждений, в то время как подшипники были разрушены.

1.7. СОХРАНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВАЛОПРОВОДА КОМПРЕССОРА ПОСЛЕ УСТАНОВКИ СУХИХ ГАЗОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ВМЕСТО МАСЛЯНЫХ

Всем механикам цехов аммиака известна склонность роторов компрессоров синтез-газа к виброактивности.

Для решения вопросов обеспечения виброустойчивости роторов после установки СГУ НПФ «Грейс-инжиниринг» с ООО «Триз» г. Сумы, постоянно занимающимся усовершенствованием соединительных муфт, опорных и уплотнительных узлов компрессоров синтез-газа с целью снижения виброактивности роторов.

1.8. СЕРВИС СУХИХ ГАЗОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВА НПФ «ГРЕЙС-ИНЖИНИРИНГ» ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Потребителям систем сухих газовых уплотнений известно, что обычно мировые производители уплотнений производят капитальный, а часто и стандартный ремонт узлов уплотнений на своих базах, где имеются испытательные стенды.

При этом производится так называемая калибровка уплотнительных пар, то есть подгонка определённых размеров деталей уплотнений для обеспечения стабильного газового слоя между уплотнительными поверхностями. Для этого необходим ряд динамических испытаний. Также автоматически производится предварительная опрессовка уплотнений перед установкой в компрессор.

Такая процедура важна и имеет смысл, однако она достаточно дорогостоящая и требует от заказчика дополнительных затрат на ревизию и восстановительный ремонт узлов уплотнений на территории предприятия-изготовителя.

Конструкция узлов СГУ «Грейс-инжиниринг» значительно отличается от аналогов других фирм тем, что специально спроектирована так, что замена комплектов деталей возможна на территории заказчика, без отправки узлов в сборе на предприятие-изготовитель или в сервисный центр.

ВЫВОДЫ

НПФ «Грейс-инжиниринг» г. Сумы создана уникальная конструкция узлов сухих газовых уплотнений для высоких давлений, которая позволяет их эксплуатацию в сложных условиях:

- 1) Вероятность разрушительных вибраций ротора компрессора.
- 2) Валооборот с низкой скоростью вращения.
- 3) Возможность обратной раскрутки ротора.
- 4) Большое количество пусков-остановов компрессора.
- 5) Резкие колебания давлений и частоты вращения при аварийных остановках.

VIBRATION-RESISTANT DRY GAS SEALS FOR HIGH PRESSURE COMPRESSORS UNDER SEVERE SERVICE CONDITIONS

**D.G. Pshenichnyi, S.A. Pavliuk, S.A. Kolisnyk,
Research and Production Firm "Grace-engineering" Ltd**

SUMMARY

Being considered engineering design of Dry Gas Seal systems of RPF "Grace-Engineering" production for Gas Compressors of high pressure. DGS System installs instead of wet one. There was created a complex decision for gas compressors modernization, where effective and safe DGS system installs. Thus rotor vibration decreases, all compressor working safety increases.

Key words: Dry Gas Seals, Gas Compressor.