

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМПАЖА В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРАХ

М.В. Попов

Научный руководитель ассистент С.С. Васенин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Во время эксплуатации центробежного компрессора наблюдается неустойчивый режим работы. Вследствие этого вся конструкция испытывает различные нагрузки: аэродинамические, динамические и тепловые нагрузки по всему тракту. Каждая из этих нагрузок отрицательно влияет на работу компрессора, а при повторяющемся воздействии неминуемо приводит к разрушению элементов компрессора.

Действие этих нагрузок может привести к резкому снижению производительности агрегата, чрезмерному нагреву, повышенному уровню шума, обратному пробросу газов высокого давления, приводящему к сильному удару, и появлению вибраций, что влечет за собой разрушение лопаток рабочего колеса. Их предотвращение позволит обеспечить эффективную и безотказную работу центробежного компрессора.[1,6]

Остановимся на исследовании явления помпажа и определим сопутствующие цели и задачи.

Цель работы: исследование помпажа в компрессоре и способов защиты от него.

Задачи:

- а). Определить причины возникновения помпажа;
- б). Рассмотреть его влияние на работу компрессора;
- в). Представить способы защиты от помпажа.

Помпаж центробежного компрессора – различные нестационарные явления, возникающие в результате потери устойчивости течения в компрессоре. Характеризуется резкими колебаниями напора и расхода перекачиваемой среды. [5]

Помпаж возможен для всех компрессоров кинетического сжатия (центробежных, осевых) и возникает из-за срыва потока за входными кромками лопаток при больших положительных углах атаки, величина которых зависит от расхода воздуха и частоты вращения рабочего колеса. [3]

Угол атаки является одним из важнейших факторов, влияющих на возникновение помпажа.

Угол атаки – это угол между направлением скорости набегающего на тело потока и характерным продольным направлением, выбранным на теле. В данном случае характерным направлением является касательная к средней линии в передней точке профиля лопатки рабочего колеса компрессора.

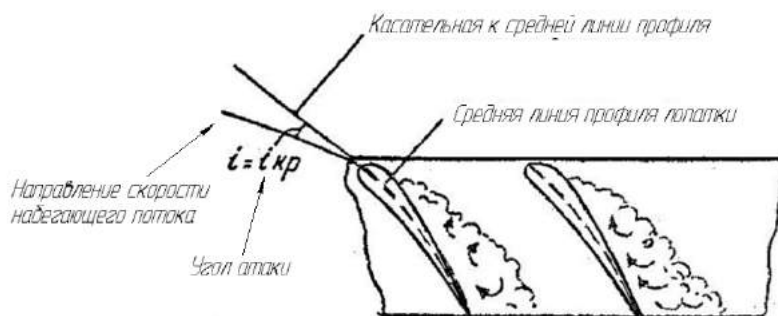


Рис. Угол атаки лопаток компрессора

В результате срыва происходит турбулизация потока воздуха, другими словами появляется вихревая зона, которая заполняет большой объем межлопаточного канала, прилегающего к всасывающей стороне лопасти. Эта зона является низкоэнергетической, через нее газ из области высокого давления (нагнетания) устремляется с высокой скоростью в область низкого давления (всасывания), навстречу основному потоку. Обратный проброс происходит с высокой скоростью, при этом давление в нагнетательном тракте понижается, а во всасывающем увеличивается и обратный проброс приостанавливается до очередного перепада давлений, при котором все повторяется. Как следствие, при помпаже возникает повышенная вибрация корпуса, что является абсолютно недопустимым, происходят хлопки и пульсации давления в нагнетательном патрубке. [2,4]

В результате исследования были выявлены следующие причины помпажных явлений в центробежном компрессоре:

- Увеличение давления при неизменной скорости вращения рабочего колеса в последней ступени компрессора, или повышении сопротивления во всасывающем тракте в связи с загрязнением фильтров, а также образованием наледей на входном направляющем аппарате и закрытие жалюзи воздухозаборного устройства;
- Низкая частота вращения рабочего колеса (наибольшая вероятность при пуске или остановке компрессора);
- Пониженный расход рабочей среды;
- Резкий сброс или резкое возрастание нагрузки;

Чтобы избежать указанного явления, при согласовании характеристик компрессора и сети требуется на всех

режимах работы компрессора обеспечить антипомпажное регулирование для поддержания стабильной работы агрегата.

Антипомпажное регулирование – это принцип управления параметрами компрессора, обеспечивающий минимально необходимую скорость газа в компрессоре, чтобы не допустить срыва потока и помпажа.

Высококачественное антипомпажное регулирование позволяет поддерживать безопасный режим работы даже при значительных колебаниях нагрузки со стороны технологии. Одновременно с этим сложные, многоступенчатые алгоритмы позволяют работать в безопасном режиме с максимальным диапазоном регулирования. В системе регулирования уставка антипомпажного регулятора может быть настроена максимально близко к зоне помпажа.

В системе антипомпажного регулирования используются такие методы как:

- Защита оборудования и технологии от опасных режимов работы и перевод компрессорной установки в безопасное состояние при срабатывании аварийных блокировок;
- Определение момента вхождения компрессора в помпаж и подача сигнала на экстренное открытие сбросного клапана;
- Регулирование требуемых параметров компрессорной установки (давления и температуры масла в коллекторе смазки).

Изучив причины, приводящие к неустойчивой работе центробежного компрессора, рассмотрим способы защиты агрегата и его частей от пагубного воздействия помпажа:

- 1) Устройство байпасного (перепускного) клапана после 4,5,6 ступеней компрессора, через которые осуществляется сброс части воздуха;
- 2) Дросселирование;
- 3) Поворот лопаток направляющего аппарата;
- 4) Выбор профилей лопаток с большой относительной толщиной и большим радиусом скругления входной кромки
- 5) Своевременная очистка лопаток компрессора.

Представленные решения по защите и предотвращению возникновения помпажа позволят избежать пагубное воздействие данного явления, обеспечат длительный срок службы агрегата без остановки функционирования технологического процесса. Это приведет к высокой наработке на отказ, увеличению ресурса, сохранению материалов и материальных средств.

В результате проведенного исследования помпажных явлений, найдено решение, позволяющее избежать возникновения помпажа. Решением является внедрение регулирующего клапана.

Преимущества установки этого клапана на пусковом контуре газоперекачивающего агрегата преобладают над присущими недостатками в силу специфики антипомпажного регулирования. Оптимальной конструкцией регулирующего органа является осесимметричная модель, обладающая высокой пропускной способностью, что особенно важно в такой области, как антипомпажное регулирование компрессоров. Таким образом, полученная система не только выполняет антипомпажную защиту центробежного компрессора, позволяя реализовывать традиционные функции открытия-закрытия клапана в различных режимах работы газоперекачивающего агрегата, но и обеспечивает регулирование по основным параметрам нагнетателя вблизи границы его устойчивой работы, что обеспечивает наибольшую эффективность газоперекачивающего агрегата.

#### Литература

1. Газотурбинные установки: учебное пособие / А.В. Рудаченко, Н.В. Чухарева, С.С. Байкин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.
2. Манушин Э.А. Газовые турбины. Проблемы и перспективы. М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Энергетика трубопроводного транспорта газов: Учебное пособие / А.Н. Козаченко, В.Н. Никишин, Б.П. Поршаков – М.: ГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2001.
4. Васенин С.С., Саруев Л.А. Проблемы эксплуатации сухих газодинамических торцевых уплотнений валов центробежных компрессоров. Сборник научных трудов VII Международной научно-технической конференции. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2013. С. 226-229.
5. Саруев Л.А., Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р., Кузнецов И.В. Силовой механизм сваебойной машины. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № 4 (1). С. 482-485.
6. Васенин С.С., Саруев А.Л., Саруев Л.А. Квалиметрия Отечественного Конкурентоспособного Нефтепромыслового Оборудования. В сборнике: Наука и образование в XXI веке сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 34 частях. 2013. С. 27-29.