

Доводка нагнетателя Н-398-28-3СМ с магнитным подвесом ротора на КС «Арская»

Р.Р. Кантюков, А.В. Сорвачев, Ю.В. Алеев (ООО «Газпром трансгаз Казань»),
И.Г. Хисамеев, А.Г. Сафиуллин, Э.В. Сусликов, Г.П. Страхов
(ЗАО «НИИТурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», Группа ГМС)

niitk@kazan.ru

Информация об особенностях ввода в эксплуатацию нагнетателя Н-398-28-3СМ с магнитным подвесом ротора в составе газо-перекачивающего агрегата ГПА-16МЖ на КС «Арская». Перечислены этапы работы по модернизации и доводке нагнетателя Н-398-28-3СМ. Рассмотрены вопросы настройки блока управления магнитным подвесом ротора, необходимости корректировки мест установки датчиков дублирующей системы виброконтроля, необходимости изменения параметров противоаварийной защиты в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14839-2-2011.

Ключевые слова: газоперекачивающий агрегат, нагнетатель, магнитный подвес, вибрация, датчики системы виброконтроля.

Engineering follow-up of the supercharger H-398-28-3CM with magnetic rotor suspension at CS «Arskaya»

R.R. Kantyukov, A.V. Sorvachev, Y.V. Aleev (Gazprom transgaz Kazan), I.G. Hisameev, A.G. Safiullin, E.V. Souslikov, G.P. Strakhov (ZAO NIIturbocompressor n.a. V.B. Shnepp. HMS Group)

Information about the special aspects of commissioning the H-398-28-3CM supercharger with magnetic rotor suspension being a part of gas pumping unit ГПА-16 МЖ at CS «Arskaya». Lists the steps of upgrading and fine-tuning of the supercharger H-398-28-3CM. Describes how to configure the control unit of the magnetic rotor suspension, the need to adjust the sensors locations of the backup vibration control system, the need to change the parameters of emergency protection system in accordance with ГОСТ Р ISO 14839-2-2011.

Keywords: gas pumping unit, blower, magnetic suspension, vibration, sensors of vibration control system.

На компрессорной станции «Арская» (ООО «Газпром трансгаз Казань») в одном из цехов установлены газо-перекачивающие агрегаты ГПА-16МЖ с нагнетателями Н-235-28-1 (производство Невского завода им. Ленина) и газотурбинными двигателями судового типа ДЖ-59Л2 мощностью 16 МВт. Времени ввода агрегатов в эксплуатацию – 1995–1998 гг. Данные агрегаты были установлены в ходе реконструкции цеха взамен агрегатов ГТК-10-4 единичной мощностью 10 МВт. В корпуса нагнетателей были вмонтированы новые сменные точные части на потребляемую мощность 16 МВт.

В процессе дальнейшей эксплуатации в связи со значительной наработкой нагнетателей и возникновением трещин корпусов и рабочих колес роторов возникла потребность проведения реконструкции уже с заменой нагнетателей.

К проекту реконструкции был предъявлен ряд конструктивных требований:

- установка нагнетателей на существующий фундамент;
- применение существующей муфты;
- присоединение к действующим трубопроводам;
- возможность монтажа через функционирующие монтажные проемы.

Данные пункты были отражены как в технических требованиях, так и в техническом задании на проектирование и поставку нагнетателей.

В 2008 г. первый нагнетатель, изготовленный ОАО «Компрессорный комплекс», с магнитным подвесом ФГУП «НПП ВНИИЭМ» был смонтирован, и с октября 2009 г. начались пусконаладочные работы.

При первых пусках выявился недостаток конструкции нагнетателя, связанный с наличием значительной осевой силы при номинальных режимах работы (до 4 т), что приводило к перегреву осевого электромагнита упорного подшипника. Указанный недостаток был устранен поставщиком нагнетателя путем доработки ротора с заменой думмиса, после чего осевая сила уменьшилась до приемлемых значений.

Последующие пусконаладочные работы включали настройку комплекта системы магнитного подвеса нагнетателя на требуемые динамические характеристики. Работы проводились специалистами ФГУП «НПП ВНИИЭМ». В процессе настройки осуществлялись контрольные пуски агрегата и контролировались вибрационные характеристики ротора нагнетателя. Всего было проведено более 80 пусков агрегата. Большинство пусков завершались, как правило, аварийными остановками из-за повышенной вибрации ротора.

По предложению ФГУП «НПП ВНИИЭМ» в процессе пусконаладочных работ была произведена замена шкафа управления СУМП-М1 шкафом СУМП-М2. Однако положительных результатов по уменьшению вибрации ротора достигнуть не удалось.

ФГУП «НПП ВНИИЭМ» и ОАО «Компрессорный комплекс» пришли к заключению, что причиной неустрашимой вибрации является существующий приводной вал длиной 3 920 мм с промежуточной опорой. Было предложено изменить конструкцию трансмиссии.

Работы по исключению длинного приводного вала либо промежуточной опоры требовали значительной перекомпоновки агрегата.



Учитывая отсутствие реальных предложений по доводке оборудования, протоколом совещания по вопросам реализации проектов «Реконструкция КС «Арская» газопровода «Ямбург – Западная граница» с заменой ГПА-25/76» и «Реконструкция КС «Арская» цеха «Уренгой-Центр1» с заменой нагнетателей и АВО масла» от 30 августа 2012 г. принято решение о приостановке дальнейшей реализации проекта.

С целью комплексного анализа сложившейся ситуации и поиска оптимальных решений ООО «Газпром трансгаз Казань» привлекло ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», которое имеет значительный опыт в области разработки центробежных нагнетателей и компрессоров с магнитным подвесом ротора.

Начиная с 1995 г., ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» совместно с ОАО «Казанькомпрессормаш» осуществляют разработку и производство компрессорных установок, оснащенных магнитными подшипниками. На компрессорные станции ОАО «Газпром» были поставлены нагнетатели природного газа мощностью 16 и 12 МВт для агрегатов ГПА-16-76/1,44 «Волга» (КС «Помарская» и КС «Приполярная»), ГПА-12-56/1,44 «Урал» (КС «Пермская»). Для КС «Приобская» (ОАО «Юганскнефтегаз») были разработаны и изготовлены три компрессора для сжатия попутного нефтяного газа 5ГЦ2-300/4,5-64 мощностью 12 МВт. На Южно-Балыкский ГПК (ОАО «СибурТюменьГаз») было поставлено два компрессорных агрегата 4ГЦ2-124/14-79ГТУ.

В нагнетателях ГПА использованы комплекты магнитного подвеса разработки ФГУП «НПП ВНИИЭМ», а в компрессорных агрегатах 5ГЦ2-300/4,5-64, 4ГЦ2-124/14-79ГТУ – комплекты магнитного подвеса фирмы S2M, Франция.

Предварительный анализ роторной системы агрегата с применением методов математического моделирования, выполненный специалистами ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», показал, что агрегат ГПА №6 КЦ «Уренгой-Центр 1» может быть приведен в рабочее состояние путем настройки каналов управления. При этом существующая компоновка и установленный ранее шкаф управления СУМП-М2 будут сохранены.

На предварительном этапе работ по доводке ГПА №6 КЦ «Уренгой-Центр 1» специалистами института был реализован следующий комплекс работ:

- обследован шкаф управления магнитным подвесом (СУМП-М2);
- протестированы амплитудно-частотные характеристики каналов регулирования магнитного подвеса нагнетателя;
- проанализированы результаты предыдущих контрольных пусков агрегата;

- проведены метрологические измерения с целью сравнения показаний встроенной системы контроля виброперемещений магнитного подвеса и дублирующей системы виброконтроля «Метрикс».

В результате обследования был выявлен ряд недостатков, которые ранее не позволяли завершить пусконаладочные работы и настройку магнитного подвеса нагнетателя.

В числе выявленных недостатков необходимо отметить некорректную настройку модулей шкафа СУМП-М2 (плат регулятора, модулятора, контроля, гальванической развязки). Также было зафиксировано несоответствие некоторых характеристик нормам программы и методике испытаний ТАИК.656443.007 ПМ.

Одним из параметров, который обусловил немотивированные аварийные остановки из-за повышенной вибрации, был неправильный выбор и установка дублирующей системы виброконтроля «Метрикс». Согласно ГОСТ Р ИСО 14839-2-2011 «Вибрация машин вращательного действия с активными магнитными подшипниками», максимально допустимыми кратковременными амплитудами радиальных виброперемещений (норма аварийного сигнала отключения по вибрации) применительно к нагнетателю Н-398-28-3СМ можно считать отклонения ротора от центрального положения на величину до 137,5 мкм или в пересчете на размах (от пика до пика), измеряемый датчиками системы виброконтроля «Метрикс», – на величину 275 мкм. За норму предупредительного сигнала, соответствующего режимам работы нагнетателя с допустимыми длительными виброперемещениями (согласно ГОСТ Р ИСО 14839-2-2011), может быть принята величина амплитуды до 110 мкм или в пересчете на размах – 220 мкм.

При определении норм аварийной и предупредительной сигнализации необходимо учитывать, что датчики системы виброконтроля «Метрикс» установлены в сечениях ротора, которые не совпадают с сечениями установки датчиков магнитного подвеса. Метрологические измерения в статике (при невращающемся роторе) показали, что со свободной стороны нагнетателя измерительная поверхность датчиков системы «Метрикс» несоосна с поверхностью датчиков магнитного подвеса, что приводит к дополнительному увеличению показаний датчиков «Метрикс» на величину более 40 мкм (по размаху виброперемещений).

В нагнетателе Н-398-28-3СМ установлены датчики системы виброконтроля «Метрикс» с диапазоном измерения 250 мкм. Установленные нормы аварийного режима вибраций (размах) 240 мкм и предупредительной сигнализации – 210 мкм существенно снижают область допустимой работы нагнетателя и могут приводить к немотивированным аварийным остановам,

особенно в переходных режимах работы, например при пусках агрегата.

Отметим, что ГОСТ Р ИСО 14839-2-2011 допускает использование датчиков магнитного подвеса для контроля виброперемещений и противоаварийной защиты без датчиков дублирующей системы виброконтроля. В зарубежных системах автоматики центробежных компрессорных установок дублирование систем виброконтроля отсутствует в связи с достаточной надежностью систем управления магнитного подвеса ротора.

Последним недостатком, выявленным по результатам предварительного обследования, было появление повышенной вибрации корпуса нагнетателя в направлении оси патрубков (частота около 7 Гц) при частоте вращения ротора более 2 500 об/мин. Специалисты ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» предположили, что причиной низкочастотной вибрации была недостаточная жесткость трубчатого фундамента нагнетателя. В связи с этим были проведены работы по усилению фундамента по эскизам института.

Последующие этапы работ по доводке ГПА №6 КЦ «Уренгой-Центр 1» включали следующее:

- синтез параметров настройки на основе расчетной модели существующей роторной системы агрегата и соответствующая корректировка динамических параметров настройки модулей ПР шкафа управления СУМП-М2;
- тестирование амплитудно-частотных характеристик и уточняющие корректировки параметров настройки;
- контрольные пуски агрегата в режиме «Кольцо» с целью проверки вибрационных характеристик ротора и работы системы магнитного подвеса;
- окончательная настройка шкафа СУМП-М2 в части выходных сигналов контроля и защиты и проверка комплекта магнитного подвеса на соответствие программы ТАИК.656443.007 ПМ;
- контроль работы магнитного подвеса при испытаниях агрегата в режиме помпажного тестирования и в режиме «Магистраль».

При проведении работ по доводке магнитного подвеса контрольные пуски агрегата в режимах «Кольцо» и «Магистраль» осуществлялись с временным отключением аварийной защиты от повышенной вибрации дублирующей системы виброконтроля «Метрикс». При этом защита от повышенной вибрации при контрольных пусках осуществлялась от системы виброконтроля магнитного подвеса.

Пробные пуски агрегата в режиме «Кольцо» с временно отключенными датчиками вибрации «Метрикс» показали правильность проведенных доработок и подтвердили работоспособность системы магнитного подвеса нагнетателя, что дало возможность вывести ГПА

на расчетный режим с частотой вращения 4 800 об/мин. До доработки максимально достигнутая частота вращения ротора нагнетателя составляла 3 600 об/мин. Отметим, что для проверки правильности настройки комплекта магнитного подвеса потребовалось пять контрольных пусков агрегата в режиме «Кольцо».

В результате проведенных работ было осуществлено помпажное тестирование с участием представителей компании «Система-Газ» (Санкт-Петербург), а также проведен пуск агрегата в режиме «Магистраль». Агрегат успешно проработал 205 ч и был остановлен для проведения дальнейших доработок.

Общая продолжительность работ составила примерно два месяца в период с октября по декабрь 2012 г.

Второй этап работ был выполнен в рамках дополнительного соглашения между ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» и ООО «Газпром трансгаз Казань», в рамках которого совместно была разработана «Программа работ по доводке нагнетателя Н-398-28-ЗСМ», которая включала:

- доработку конструкции подшипников в части установки радиальных датчиков системы виброконтроля «Метрикс» (с диапазоном измерения до 500 мкм и тарировкой по алюминию) в корпуса датчиков системы магнитного подвеса;
- оформление инженерного решения по доработке нагнетателя Н-398-28-ЗСМ;
- приобретение и монтаж датчиков виброконтроля «Метрикс»;
- тестирование системы магнитного подвеса после монтажа подшипников нагнетателя;
- испытания доработанного нагнетателя и системы магнитного подвеса при пусках агрегата в режимах «Кольцо» и «Магистраль».

Работы по второму этапу выполнялись в период с апреля по июль 2013 г.

По завершению работ данного этапа был осуществлен запуск агрегата ГПА-16МЖ №6 в режиме «Кольцо» с последующим выходом в режим «Магистраль». Были включены все системы контроля и защиты, предусмотренные проектом, при этом значения виброперемещений ротора нагнетателя не превысили предупредительных норм (220 мкм по ГОСТ Р ИСО 14839-2-2011).

Результаты работ позволили специалистам ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» (Группа ГМС) и ООО «Газпром трансгаз Казань» сделать заключение о том, что система магнитного подвеса и нагнетатель Н-398-28-ЗСМ работоспособны и пригодны для эксплуатации в составе агрегата ГПА-16МЖ КС «Арская».

Технический отчет и дополнительные рекомендации были представлены в адрес ООО «Газпром трансгаз Казань».