УДК 621.521

Ш.Ш. Биктимеров, Е.А. Бусарев, Г.И. Сапаркин, О.Л. Кузьмин (ЗАО "НИИтурбокомпрессор им. В.Б.Шнеппа"), Ю.А.Кравченко, И.Г.Хисамеев (ОАО «Казанькомпрессормаш») г. Казань, Россия

Современные центробежные компрессорные установки блочно-модульного исполнения для энергетических установок

Представлены общие характеристики установок с центробежными компрессорами для обеспечения топливным газом газовых турбин тепловых электростанций. Приведены примеры изготовления и эксплуатации.

Ключевые слова: *компрессор, газотурбинная установка, мощность, газ, блок, контейнер.*

Представлені загальні характеристики установок з відцентровими компресорами для забезпечення паливним газом газових турбін теплових електростанцій. Наведені приклади виготовлення і експлуатації.

Ключові слова: *компресор, газотурбінна установка, потужність, газ, блок, контейнер.*

General descriptions of options are presented with centrifugal compressors for providing fuel gas of gas turbines of thermal power-stations. Examples of making and exploitation are made.

Keywords*: compressor, gas-turbine setting, power, gas, block, container.*

В последние годы, особенно с 2009, Президентом России и Правительством РФ остро поставлен вопрос о переводе экономики России с сырьевого направления (поставка энергоносителей) на эффективное энергосберегающее производство и поставку наукоемкой конкурентоспособной продукции, в т.ч. для отрасли машиностроения.

В рамках реализации поставленной руководством страны задачи ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» совместно с ОАО «Казанькомпрессормаш» создают дожимные компрессоры для повышения давления топливного газа, подаваемого в камеры сгорания газотурбинных установок (ГТУ) в составе газотурбинных или парогазотурбинных тепловых электростанций.

Создан и эксплуатируется ряд разных по мощности когенерационных установок (производство электроэнергии и горячей воды) на базе газотурбинных двигателей 1; 2,5; 4; 6; 10; 12; 16; 18; 20 и 25 МВт и ряд парогазотурбинных установок ПГУ (производство электроэнергии, пара и горячей воды) мощностью 40; 60; 110 и 170 МВт.

В качестве топлива в них используются, в основном, природный, попутный нефтяной, доменный или коксовый газы низкого давления.

Выбор природного газа в качестве основного энергоносителя для энергетических ГТУ обусловливается его приемлемой ценой на внутреннем рынке. При этом он обладает существенным экологическим преимуществом по сравнению с твердыми и жидкими топливами.

Топливный газ, поступающий в камеры сгорания энергетических установок, должен удовлетворять следующим требованиям:

– давление газа не ниже рабочего давления в камерах сгорания. Для существующих ГТУ от 1,6 до 5,0 МПа;

– температура газа в зависимости от требований заказчика от +45 до +120°С;

– отсутствие масла, конденсата, приводящих к образованию нагара на форсунках камер сгорания или других вредных компонентов, разрушающих конструкцию ГТУ.

Учитывая тот факт, что давление в газовой сети после газораспределительной подстанции (ГРП) у потребителя колеблется от 0,2 до 1,3 МПа, для выполнения вышеуказанных требований к топливному газу необходима его подготовка, включающая сжатие, охлаждение, осушку и очистку. Такие операции осуществляются в дожимной компрессорной установке.

Энергетическая установка может работать в непрерывном, сезонном (холодное время года) или пиковом (работа несколько часов в сутки с перерывом или без) режиме. В зависимости от этого дожимная компрессорная установка должна обеспечивать:

– необходимые параметры топливного газа;

– экономичность, т.е. потреблять минимальное количество электроэнергии при всех колебаниях давления в газовой сети (пк=Var);

– надежность (т.к., в основном, нет резервного компрессора);

– минимальное время предпусковой подготовки в любое время года;

– экологичность (т.к. ГТУ расположены в населенных пунктах);

– низкую стоимость изготовления и минимальные затраты при эксплуатации.

Объем задач, требующих решения создателями компрессоров топливного газа, определен обширным комплексом технических требований, которые предъявляются заказчиком.

Решение их потребовало большого объема расчетных, поисковых, конструкторских и исследовательских работ, разработку новых

технологий, изготовление новой технологической оснастки, анализа и переработки производственного опыта по созданию центробежных компрессоров.

Специфические требования к компрессорам топливного газа обусловили ряд конструктивных особенностей центробежных компрессоров.

Требование минимизации начальной стоимости изготовления компрессоров и условие полной заводской готовности, сжатые сроки поставки потребовали от конструкторов применить универсальные методы конструирования – унификацию, агрегатирование, совмещение функций в одном узле и т.д.

Унификация технических решений состояла в следующем:

– применение корпуса сжатия с вертикальным разъемом;

– применение в одном корпусе одинаковых диаметров рабочих колес сжатия, разработанных и испытанных в ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа»;

– применение однотипных подшипников скольжения и концевых уплотнений.

Кроме того, учтена унификация заготовок, применяемых материалов, технологических операций и приемов, способствующих сокращению сроков разработки и снижению стоимости изготовления.

В выполненных конструкциях коэффициент унификации составляет 0,75...0,8.

Требование максимальной заводской готовности установки и ее транспортабельности по железной дороге и автомобильным транспортом реализовано блочным исполнением конструкции и испытаниями каждого блока на заводе-изготовителе.

Для удовлетворения требований заказчика о расположении всей установки на нулевой отметке фундамента рама компрессорного агрегата одновременно выполняет функцию маслобака (рама – маслобак).

Изменение производительности компрессорной установки от 0 до 100 %, поддержание необходимого давления на выходе из КУ, независимо от колебаний давления на входе, достигается применением регулирующих клапанов, обеспечивающих дросселирование газа на входе и байпасирование на выходе из компрессора.

Поддержание необходимой температуры топливного газа на выходе из КУ обеспечивается применением охладителей газа с регулируемой подачей одного из видов охладителя – атмосферного воздуха, воды, раствора этиленгликоля и т.д.

Отсутствие масла, конденсата в топливном газе на выходе обеспечивается применением в центробежных компрессорах сухих концевых уплотнений, исключающих попадание масла в проточную часть.

Требование показателей надежности (ресурса, безотказности, готовности к пуску и т.д.), безопасности эксплуатации реализованы в конструкциях компрессорных установок с учетом мирового опыта компрессоростроения, выполнением требований международных стандартов API 613, API 614, API 617 и других;

– дублированием элементов систем – фильтров, блоков автоматики;

– применением надежно зарекомендовавших себя материалов и покрытий.

В созданных компрессорных установках топливного газа применены современные многофункциональные системы автоматического управления, позволяющие эксплуатировать КУ при отсутствии дежурного персонала в машинном зале.

Компрессорные установки поставляются в любом климатическом исполнении. Компрессорная установка в климатическом исполнении У1 представляет собой установку блочно-контейнерного типа и состоит из стыкуемых между собой на месте эксплуатации отдельных блок-контейнеров, сформированных по функциональным признакам.

Основным элементом установки является укрупненный модуль блок-контейнера компрессорного агрегата и блок-контейнера арматуры. Блоки соединяются между собой при помощи комплекта узлов и деталей межблочного перекрытия и соединения.

Блок-контейнер системы автоматизации располагается на определенном расстоянии от укрупненного модуля (вне взрывоопасной зоны), соединен с ним кабельными связями и служит для размещения средств автоматического контроля, регулирования, защиты и управления технологическим оборудованием компрессорной установки.

Компрессорные установки в блочно-контейнерном исполнении оснащены всеми средствами функционирования и жизнеобеспечения: системами автоматического пожаротушения, освещения, отопления, вентиляции, контроля загазованности и подъемно-транспортными механизмами.

Каждая компрессорная установка проходит механические и газодинамические испытания на ОАО "Казанькомпрессормаш".

Для ГТУ производительностью более 16 МВт контейнеры изготавливаются по принципу укрупненного модуля блок-контейнеров. Принятые при этом технические решения позволяют компоновать укрупненные модули любого типоразмера. Укрупненный модуль состоит из двух блок-контейнеров, транспортируемых отдельно и объединяемых на месте эксплуатации под общей крышей. На заводе-изготовителе производится контрольная сборка и испытание укрупненного модуля.

На Тюменской ТЭЦ-1 в 2000 г. сдана в эксплуатацию компрессорная установка 3ГЦ2-38/9,5-28 К.У1 в блочно-контейнерном исполнении (рис. 1).

Она предназначена для ГТУ электрической мощностью 60 МВт и тепловой мощностью 160 МВт.

Особенностью данной компрессорной установки являются принципы компоновки укрупненного модуля блок-контейнеров, сочетающие в себе максимальную заводскую готовность, возможность транспортирования по железной дороге и удобство обслуживания.

В 2002 году в ОАО "Казанькомпрессормаш" изготовлена и поставлена в ОАО "Уфимское моторостроительное производственное объединение" центробежная компрессорная установка 2ГЦ2-18/13-33К.У1, предназначенная для обеспечения топливным газом одновременно двух ГТУ мощностью 16 - 18 МВт каждая. Центробежная компрессорная установка также выполнена в виде укрупненного модуля блок-контейнеров. Одно из преимуществ установки является отсутствие потребности в охлаждающей жидкости, что весьма важно для климатического исполнения У1.

Рис. 1. Компрессор 3ГЦ2-38/9,5-28-К.У1 на Тюменской ТЭЦ-1

ОАО «Казанькомпрессормаш» совместно с ЗАО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» создали групповой ряд дожимных центробежных компрессоров топливного газа для энергетических газотурбинных и парогазотурбинных установок мощностного ряда от 20 до 110 МВт. Разработаны 10 проектов рабочей документации, по которым изготовлены 10 модификаций центробежных КУ в количестве 17 штук.

По своим техническим характеристикам, весовым показателям, надежности, эксплуатационным характеристикам, стоимости они превосходят или не уступают лучшим зарубежным аналогам.

Выпуск конкурентоспособной наукоемкой продукции машиностроительного производства, востребованной энергетической отрас-

Используя опыт, накопленный при создании компрессорной установки 3ГЦ2-38/9,5-28 К.У1, была разработана, изготовлена и поставлена для энергоблока Актюбинского завода ферросплавов ОАО “ТНК”Казхром” центробежная компрессорная установка 3ГЦ2-112/5-23-К.У1. Она предназначена для сжатия и подачи топливного газа в камеры сгорания ГТУ фирмы АВВ.

Энергоблок вырабатывает электроэнергию 110 МВт и тепловую энергию 34 МВт.

В 2009 - 2010 гг. ОАО «Казанькомпрессормаш» изготовило по технической документации ЗАО «НИИтубокомпрессор им. В.Б. Шнеппа» компрессорные установки 3ГЦ2-40/9,8-29 К.У1 для 2-го энергоблока Тюменской ТЭЦ-1, 3ГЦ2-84/11-26-К.У1 для Челябинской ТЭЦ-3, 4ГЦ2-87/5-35-К.У1 (рис.2) для Вологодской ТЭЦ и 4ГЦ2-318/2,4-29УХЛ4 (3 шт.) для Первомайской ТЭЦ.

Установки прошли приёмосдаточные испытания на Испытательном комплексе ОАО «Казанькомпрессормаш» и отгружены для монтажа на местах эксплуатации.

В объем работ, выполняемых специалистами ОАО «Казанькомпрессормаш» и ЗАО «НИИтурбокомпрессор» при создании компрессоров топливного газа, входят пуско-наладочные работы и ввод в эксплуатацию опытно-промышленных образцов.

Рис. 2. Компрессор 4ГЦ2-87/5-35К.У1 для Вологодской ТЭЦ

Проведенные приемочные испытания компрессоров в составе энергоблоков ТЭЦ подтвердили соответствие технических показателей компрессоров требованиям заказчика и нормам безопасной эксплуатации.

Поставленные компрессоры топливного газа обеспечивают базовый и частичные режимы работы ГТУ.

Многолетняя их эксплуатация показала, что компрессоры адаптируются к меняющимся условиям работы ГТУ. Письменные отзывы с мест эксплуатации подтверждают их надежную работу.

лью Российской Федерации и стран ближнего зарубежья является престижным для ОАО «Казанькомпрессормаш».

В результате освоения изготовления компрессоров топливного газа значительно увеличилась номенклатура выпускаемой продукции ОАО «Казанькомпрессормаш». Эти работы мобилизовали научные и конструкторские резервы института, производственного потенциала завода, потребовали модернизацию оборудования, позволили за короткий срок освоить новое направление в компрессоростроении.