



ОАО «Авиадвигатель» предлагает тушить факелы на месторождениях

In brief

Aviadvigatel JSC offers to tread out the flares on oil & gas fields.

Casing-head gas utilization on oil & gas fields is very important ecological and economic task.

According professional evaluation annual volume of casing-head gas flaring in Russia is equal to the gas volume necessary for power supply of such city as Moscow. The commissioning of gas turbine power stations on the sites of oil & gas fields with using of casing-head gas as a fuel gives the opportunity to generate electric power for the needs of fields' infrastructure. In result considerable fuel saving will be achieved and pollution of the atmosphere in the regions will be reduced. At present various ways of casing-head flaring reduction are applied. They are developed by oil & gas companies immediately on the fields and depend on the conditions on the sites.

Д. Д. Сулимов, С. Б. Мишенин – ОАО «Авиадвигатель»

Утилизация попутного нефтяного газа является важной экологической и экономической задачей. По оценкам, ежегодный объем сжигания ПНГ в России примерно равен объему газа, необходимого для энергоснабжения такого города, как Москва. Применение на месторождениях ГТЭС позволяет вырабатывать на месте электроэнергию и резко снизить загрязнение атмосферы.

Вопрос сжигания попутного нефтяного газа (ПНГ) на факелах нефтегазовыми компаниями сегодня обсуждается на уровне Правительства РФ. По данным американского национального управления океанических и атмосферных исследований, Россия лидирует по уровню выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от факельного сжигания ПНГ, превосходя Нигерию, Иран, Ирак. С 2007 г. принимаются законодательные акты по принуждению нефтяных компаний к рациональному использованию ПНГ, а с 2012 г. установлен целевой показатель сжигания газа от объема его добычи – не более 5 %.

В настоящее время применяются разные способы для сокращения объемов факельного сжигания газа и достижения необходимого уровня утилизации ПНГ (95 %). Они разрабатываются непосредственно нефтяными компаниями и зависят от многих факторов на объектах нефтедобычи. Это объемы добычи попутного газа, степень развитости инфраструктуры месторождения, наличие линий электропередачи, магистральных трубопроводов, газоперерабатывающих заводов, конечных потребителей электрической энергии и тепла. Наибольшее распространение получили следующие способы использования попутного нефтяного газа на месторождениях:

- в качестве топлива для печей нагрева нефти, газовых котельных, газовых тепловых излучателей;
- в качестве топлива для газотурбинных, газопоршневых, микротурбинных энергоустановок в составе электростанций;
- закачка газа в пласт для повышения пластового давления и увеличения нефтеотдачи;
- компримирование и транспортировка попутного газа на ГПЗ.

ОАО «Авиадвигатель», имея многолетний опыт сотрудничества с нефтегазовым сектором в области газовых турбин, предлагает нефте- и газодобывающим компаниям рациональные способы утилизации ПНГ, используя его в качестве топлива для газотурбинных установок в составе электростанций или газоперекачивающих агрегатов. Широкая линейка газотурбинного оборудования единичной мощностью от 2,5 до 25 МВт позволяет эффективно его применять в проектах утилизации ПНГ как на малых, так и на крупных месторождениях.

Пермское КБ на основе накопленного научного и технического опыта имеет все возможности по подготовке индивидуальных технических решений для каждого потенциального заказчика. Примером такого подхода является совместный проект ООО «Лукойл-Пермь» и ОАО «Авиадвигатель» на Ильичевском нефте-

газовом месторождении, расположенном на севере Кунгурского района.

Необходимо подчеркнуть, что приоритетным условием надежной работы газотурбинного оборудования является состав ПНГ, поскольку наличие в нем влаги, механических примесей, сернистых соединений может пагубно отразиться на двигателе. Состав попутного газа на Ильичевском месторождении показал, что массовая концентрация сероводорода более чем в 50 раз превышает нормы ГОСТ 22387. Несмотря на это, предприятие «Авиадвигатель» предложило оборудование, способное работать на таком составе газа.

Проект собственной генерации, реализуемый ООО «Лукойл-Пермь», предполагает поэтапное строительство газотурбинной электростанции на ЦДНГ-10 (цех по добыче нефти и газа) суммарной электрической мощностью 16 МВт, с выдачей ее параллельно в сеть. В состав энергоцентра входят четыре модульные ГТЭС Урал-4000 производства ОАО «Авиадвигатель», имеющие полную заводскую готовность, пять модульных дожимных компрессорных станций фирмы «НОЭМИ», автоматизированная система управления технологическим процессом ГТЭС. В июне текущего года на месторождении введен первый энергоблок, на втором ведутся пусконаладочные работы, третья и четвертая ГТЭС подготовлены к отправке заказчику.

Особенность проекта в том, что нужно было адаптировать ГТЭС Урал-4000, созданную на базе газотурбинной установки ГТУ-4П, и дожимную компрессорную станцию к работе на ПНГ с высоким содержанием сероводорода, без предварительной его очистки.

Для адаптации ГТУ-4П к условиям Ильичевского месторождения пермские моторостроители выполнили ряд конструктивных доработок по двигателю – они связаны с изменением материалов для изготовления и защитных покрытий лопаток турбины высокого давления (ТВД). В результате газотурбинные электростанции могут работать на ПНГ с высоким содержанием сероводорода без применения дорогостоящих систем сероочистки.

Конструкция энергоблока

Газотурбинные двигатели для энергоблоков изготовлены на Пермском моторном заводе, элементы ГТЭС (турбоблок, блоки воздухоочистки и вентиляции, системы всасывания и выхлопа с шумоглушением) – на пермском заводе «Машиностроитель». Полная сборка энергоблока и контрольные (заводские) испытания перед отгрузкой заказчику проведены на предприятии «Протон-ПМ» (г. Пермь).

В основу создания ГТЭС положен модульный принцип построения. Станция состоит из максимально унифицированных отсеков и модулей, что позволяет в сжатые сроки создавать новые модификации агрегатов, а также модернизировать устаревшие объекты с минимальными затратами. Электростанция монтируется с применением универсальных грузоподъемных и монтажных средств. Размеры блоков не превышают транспортных железнодорожных габаритов.

Турбоблок

Основой ГТЭС является турбоблок, в котором размещена газотурбинная установка ГТУ-4П, генератор ГТГ-4-2РУХЛЗ и основное оборудование станционных систем. ГТУ создана на базе двигателя Д-30ЭУ-6 – конвертированный вариант высоконадежного авиадвигателя Д-30 III серии, устанавливаемого на самолет Ту-134.

ГТУ-4П выполнена по традиционной схеме: используется газогенератор базового двигателя и турбина низкого давления в качестве силовой турбины, с выводом приводного вала в сторону компрессора двигателя. Номинальная мощность на клеммах генератора составляет 4,13 МВт. Частота вращения силовой турбины и ротора вала генератора – 5500 и 3000 об/мин соответственно.

Расход газа за силовой турбиной составляет 29,8 кг/с, температура – 414 °С. Давление топливного газа 1,2...1,6 МПа (изб.). Трубчатокольцевая камера сгорания состоит из 12 жаровых труб. Используется конденсаторная система воспламенения.

На режим холостого хода двигатель выходит в течение 2,5 мин, на номинальный режим – 5 мин. Назначенный ресурс ГТУ составляет 100 тыс. часов, межремонтный – 25 тыс. ч (с продлением по техническому состоянию до 35 тыс. ч). Масса двигателя в состоянии поставки на раме с обвязкой – 3600 кг, габариты (ДхШхВ) – 5,5х2,0х2,0 м.

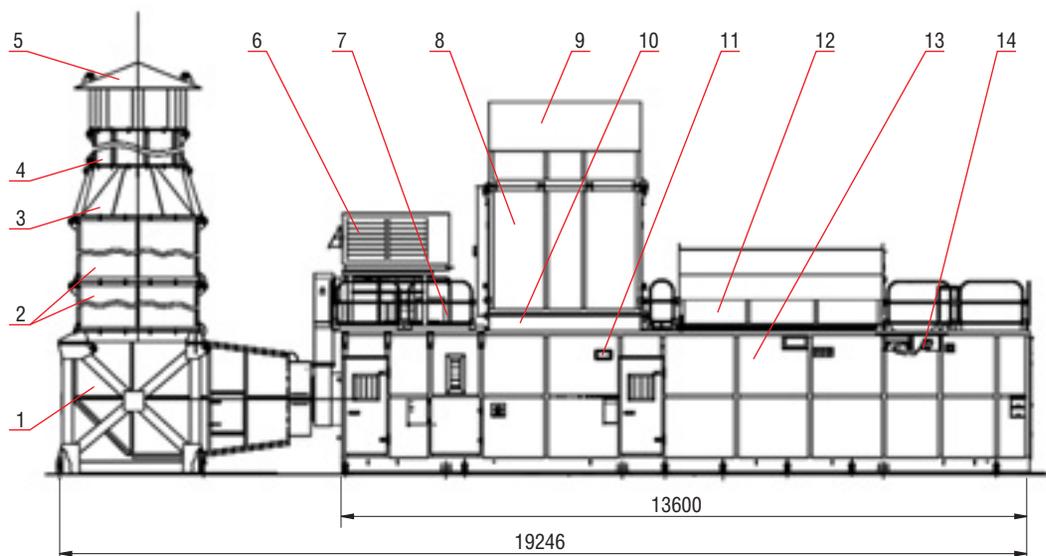
В состав ГТУ-4П входит редуктор – двухступенчатый, трехпоточный, с шевронным зацепле-



ГТУ-4П в сборочном цехе

➤ **Схема ГТЭС Урал-4000**

- 1 – отвод выхлопной с рамой;
- 2 – труба;
- 3 – переходник;
- 4 – шумоглушитель;
- 5 – колпак;
- 6 – АВОМ;
- 7 – трубопроводные коммуникации АВОМ;
- 8 – блок воздухоочистки;
- 9 – шумоглушитель;
- 10 – блок вентиляции отсека двигателя;
- 11 – оборудование противопожарной системы;
- 12 – блок вентиляции отсека генератора;
- 13 – турбоблок;
- 14 – электропроводка ГТЭС



нием зубчатых колес. Он снижает частоту вращения ротора силовой турбины двигателя до номинальной частоты генератора (3000 об/мин).

Запуск двигателя производится от электростартера СТВД-25Д-9000, выполненного на базе асинхронного взрывозащищенного электродвигателя ДАТВ 300-120Т-9000. Питание электростартера осуществляется от сети переменного трехфазного тока 380 В, потребляемая мощность – не более 160 кВт.

Для выработки электроэнергии применяются синхронные турбогенераторы ГТГ-4-2РУХЛЗ (ООО «Электротяжмаш-Привод») – трехфазные, с бесщеточной системой возбуждения, с воздушным охлаждением обмоток по разомкнутому циклу.

Контейнер турбоблока – силовой, его каркас выполнен из швеллера, на который приварены перфорированные стенки: внутренняя и наружная. Пространство между стенками заполнено теплозвукоизоляционным материалом. Вся конструкция размещена на несущей раме.



Наружные и внутренние стенки изготовлены из листовой стали толщиной 2 мм.

Турбоблок состоит из трех отсеков – двигателя, генератора и отсека САУ. Для вентиляции отсека двигателя используются два вентилятора вытяжного типа, каждый из которых обеспечивает трехкратный воздухообмен отсека в течение 10 секунд. Вентиляцию отсека турбогенератора осуществляют два вентилятора – основной и резервный. Система вентиляции включается при запуске двигателя, обеспечивая отвод охлаждающего воздуха из отсеков турбоблока для поддержания нормального температурного режима.

В отсеке САУ установлен кондиционер. Система вентиляции работает в автоматическом (по алгоритмам САУ) и в ручном режиме. Для очистки циклового воздуха ГТУ от капельной влаги, снега, пылевых частиц, вызывающих эрозионный износ лопаточного аппарата компрессора, применяется воздухоочистительное устройство.

Газовая система обеспечивает подвод топливного газа к ГТУ и его очистку. В систему топливоподачи подается газ, предварительно подготовленный общестанционными системами, компримированный в дожимных компрессорных установках и подогретый до 65 °С.

В состав циркуляционной маслосистемы ГТЭС входят маслосистема двигателя и объединенная маслосистема редуктора и генератора. Они обеспечивают раздельную подачу масла на смазку и охлаждение узлов трения. Для двигателя в качестве основного используется масло МС-8, дублирующего – МС-8ГП. Для редуктора и турбогенератора применяется смесь масел: 50 % МС-8П (или МС-8ГП) и 50 % МС-20. Емкости маслобаков достаточно для работы ГТУ без дозаправки в продолжение не менее чем 1500 часов.

➤ **Модуль дожимной компрессорной установки**

Уровень загазованности модулей газовой системы и отсеков ГТУ определяет система контроля, установленная в турбоблоке. При концентрации метана 0,5 % выдается сигнал предупреждения на щит оператора и включаются вентиляторы в отсеках ГТУ. При концентрации 1 % на пульт выдается аварийный сигнал, и происходит аварийный останов ГТЭС.

Для обнаружения пожара, сигнализации и оповещения, локального и объемного тушения в отсеках электростанции используется модульная система углекислотного пожаротушения, изготовленная фирмой «Спутник-Энергетика». Агрегатная часть пожарной автоматики включает пульт управления: пожарные контроллеры, управляющие системой противопожарной защиты и приемного устройства пожарной сигнализации.

Система управления электростанцией

САУ энергоблоков – совместная разработка компании «Авиадвигатель» и НПФ «Система-Сервис» (С.-Петербург). Для автоматизации ГТЭС и другого энергетического оборудования использованы системы комплексного управления – мультипроцессорные МСКУ 5000, построенные на ПТС SIMATIC компании Siemens. Эти средства сертифицированы в соответствии с международными стандартами и отличаются высокой надежностью.

САУ обеспечивает безопасную эксплуатацию оборудования за счет автоматического обнаружения неисправностей, их локализации и предотвращения развития аварийных ситуаций, а также функционального резервирования и аппаратного дублирования наиболее ответственных компонентов. Объектами управления являются энергетические узлы и системы ЭСН. Система управления ГТЭС выполняет следующие функции:

- пуск, останов, защиту и управление ГТЭС;
- контроль вспомогательного технологического оборудования электроагрегата (вентиляция, отопление, регулирование температуры масла и т.д.);
- синхронизацию генератора с сетью;
- управление активной и реактивной мощностью генератора;
- взаимодействие с другими системами электроагрегата (пожарная и силовая автоматика, система контроля метана в отсеках и др.);
- взаимодействие с АСУ ТП верхнего уровня.

Инженерные особенности проекта

Электростанции размещаются на открытой площадке. Фундаментами являются металлические забетонированные ростверки на свайном основании, на которые опираются несущий контейнер турбоблока и выхлопная труба.



С Блок подготовки топливного газа

Каждый энергоблок имеет отдельные автономные циркуляционные системы смазки и суфлирования для двигателя и редуктора-генератора. В систему маслоснабжения электростанции входят агрегатные системы маслообеспечения двигателя, редуктора-генератора.

Энергоблоки оснащены автономными системами углекислотного пожаротушения. Огнегасящий состав находится в модулях полной заводской готовности рядом с энергоблоком. Станция состоит из максимально унифицированных отсеков и модулей. Такое исполнение обеспечивает высокий уровень заводской готовности ГТЭС.

Дожимная компрессорная станция

Дожимные компрессорные станции, имеющие модульное исполнение, вводились в работу поэтапно. Количество дожимных компрессорных модулей (ДКМ) определено заказчиком по схеме 4+1, то есть по рабочему модулю на каждую ГТЭС и один модуль в резерве. ДКМ для данного проекта изготовлены с учетом возможного влияния подготовки попутного газа на работоспособность установки.

Газовые трубопроводы, продувочные магистрали изготовлены из нержавеющей стали. В технологической схеме подготовки газа впервые применен аппарат воздушного охлаждения газа (АВО), позволяющий стабилизировать попутный газ перед его подачей в ГТЭС.

*Ильичевское нефтегазовое месторождение является проектом собственной генерации ООО «Лукойл-Пермь», выполненным с применением пермских газотурбинных электростанций. Ввод ЭСН позволит компании ежегодно вырабатывать 134,4 млн кВт·ч электроэнергии, утилизировать более 40 млн м³ попутного нефтяного газа, сократить объемы его сжигания на факельных установках, повысить уровень утилизации ПНГ и улучшить экологическую обстановку в регионе. **Д***