

## ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ

# Радиальные газотурбинные технологии OPRA Turbines

Современный мировой рынок энергетического оборудования предлагает большой выбор газотурбинных установок в широком диапазоне мощностей. Но, несмотря на многочисленность поставщиков и широкий модельный ряд продукции, среди них преобладают газотурбинные двигатели (ГТД) с осевыми турбомашинами, которые усложняют конструкцию и увеличивают габариты ГТД. Обслуживание установок на базе осевых многоступенчатых турбомашин трудоемкое и дорогостоящее, а при относительно малых мощностях ГТУ (до 2 МВт) осевые турбомашины начинают резко терять эффективность вследствие масштабного фактора.

Альтернативным решением являются ГТД с радиальными турбомашинами, обладающие рядом преимуществ по сравнению с осевыми.

Радиальная конструкция значительно проще и компактнее, прочнее и надежнее в работе. Лопатки радиальной турбины менее чувствительны к попаданию мелких твердых частиц в проточную часть, а перепад давления одной ступени эквивалентен суммарному перепаду 2–3 ступеней осевой турбины.

Одним из первых оценил преимущества радиальных турбомашин Ян Мовилл. В 1969 году под его руководством был разработан и поставлен на рынок первый в мире промышленный ГТД с радиальной конструкцией ротора.

В 1991 году Ян Мовилл основал OPRA turbines (г. Хэнгело, Нидерланды). На сегодняшний день компания зарекомендовала себя на мировом рынке как поставщик надежного и высокоэффективного энергетического оборудования на основе современных газотурбинных

технологий в диапазоне мощности до 2 МВт. Компания располагает хорошо оборудованным производственным центром и испытательными стендами. Коллектив OPRA – команда высококвалифицированных специалистов, профессионализм которых охватывает все области газотурбостроения. В работе руководствуется уникальным многолетним опытом производства и эксплуатации радиальных газовых турбин.

В 2003 году первая установка на базе нового радиального двигателя серии OP16 прошла квалификационные испытания и была запущена в серийное производство. За последние семь лет по всему миру было поставлено более 65 ГТУ OP16. Около 50 установок компании OPRA успешно эксплуатируются в России на Тэдинском нефтяном, Южно-Русском, Пырейном и Ханчейском газоконденсатных месторождениях. Снабжают электроэнергией и теплом горнолыжный курорт Красная Поляна и комплекс зданий Дальневосточного федерального университета, в котором состоится саммит АТЭС-2012. OP16 находятся в эксплуатации на нефтедобывающих платформах в Северном море и у берегов Бразилии, на нефтедобывающих и коммерческих объектах в Европе и странах Ближнего Востока.

Конструкция OP16 совершенна в своей простоте. Полностью радиальная турбомашина состоит из предвзвешенно сбалансированного вала, одноступенчатого центробежного компрессора, соединенного back-to-back с колесом центростремительной турбины, и двух подшипников. Консольное исполнение ротора поз-



Фото 1. Две ГТУ OP16, эксплуатируемые на Тэдинском месторождении

воляет разместить оба подшипника в холодной части двигателя, тем самым свести расход смазочного масла до нуля и повысить надежность подшипников. Одноступенчатый центробежный компрессор со степенью повышения давления 6,7 значительно компактнее эквивалентного многоступенчатого осевого. Относительно невысокая степень повышения давления снижает потребность в повышении давления подачи газообразного топлива и повышает эксплуатационную надежность ГТД.

Аэродинамика одноступенчатой центробежной турбины была максимально отработана для достижения  $\eta_{\text{нд}}$  колеса 90%. Сечение лопаток турбины обладает конструкцией типа «Эйфелева башня» с прочной корневой частью и относительно тонким и легким периферийным сечением, что позволяет достигать высоких окружных скоростей (порядка 700 м/с) на периферии лопаток без экстремально высокого уровня напряжений. На выходе из направляющего аппарата скорость равномерного потока разогретого газа около 690 м/с. Поскольку разница между двумя скоростями незначительна, на периферийном сечении лопаток турбины не происходит торможения потока и за счет этого роста температур. Это позволяет избежать охлаждения рабочего колеса. Отработанный в турбине поток газа движется в осевом направлении в выхлопной диффузор, где завершается процесс расширения до атмосферного давления. Высокотемпературный экологически чистый выхлопной газ может быть утилизирован различными способами от когенерации до иного использования в различных отраслях промышленности.

ГТД ОР16 оснащен четырьмя трубчатыми противоточными камерами сгорания. Такая конструкция обеспечивает равномерное распределение температур на входе в турбину и дает возможность технического обслуживания камер без разборки двигателя. Трубчатые



Фото 2. Установки ОР16 на Южно-Русском месторождении, 7 агрегатов

камеры сгорания менее чувствительны к качеству и неоднородности топлива.

Одной из отличительных особенностей ОР16 является топливная гибкость, т.е. возможность работать на различных видах топлива. Установки ОРА могут эксплуатироваться как на традиционном жидком и газообразном топливе, так и на попутном и низкокалорийном газе. Топливные системы ОР16 поставляются по требованию заказчика в одно- или двухтопливном исполнении, причем переключение с одного на другое возможно на любом режиме без снятия нагрузки.

Модельный ряд ГТУ ОР16 состоит из двух конфигураций, различающихся типом камеры сгорания и топливной системой. Первая модель ОР16-3А может работать в широком диапазоне топлива, включая попутный газ и низкокалорийные газы. Уровень содержания  $\text{NO}_x$  в выхлопном газе данного двигателя не превышает 85 ppm.

Вторая модель ОР16-3В (DLE – система сухого подавления выбросов) предназначена для эксплуатации на объектах с самыми жесткими нормами выбросов. При работе этой мо-

дели на природном газе содержание  $\text{NO}_x$  не превышает 15 ppm.

Низкий уровень выбросов и высокая температура выхлопных газов позволяют использовать отходящее тепло без предварительной подготовки, к примеру для подогрева газа на входе в печь или котел, в сушильных камерах при производстве строительных материалов, при приготовлении сухих кормов для животных.

Одновальная, полностью радиальная конструкция ротора ГТД ОР16 с оптимально отработанной проточной частью обеспечивает высокую эксплуатационную надежность установки, снижает чувствительность двигателя к попаданию в проточную часть мелких инородных частиц, обеспечивает компактные габариты двигателя и установки в целом. Высокотехнологичная, низкокэмиссионная и вместе с тем простая в обслуживании, камера сгорания может эксплуатироваться на разных видах топлива. По сравнению с осевыми многоступенчатыми машинами ГТД ОР16 менее трудоемка в техническом обслуживании, что значительно сокращает эксплуатационные расходы и время простоя.

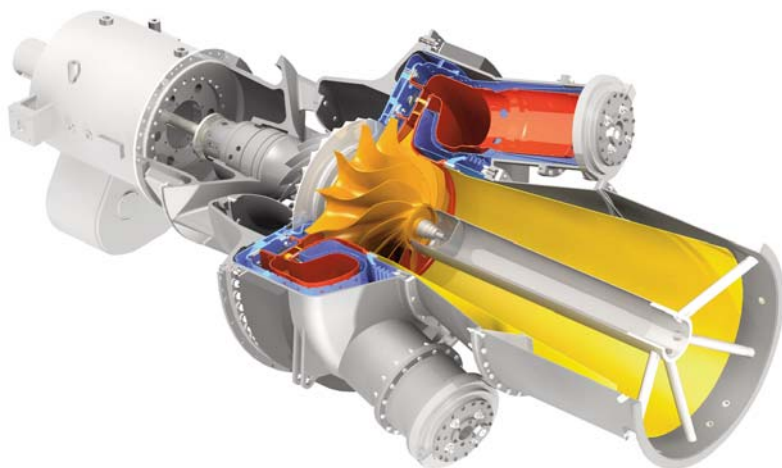


Рис. Модель радиального газотурбинного двигателя OP16

Наряду со всеми вышеперечисленными характеристиками, ГТД OP16 демонстрирует самый высокий *кпд* в своем классе мощности. Электрический *кпд* двигателя при полной нагрузке достигает 26,9%. При эксплуатации двигателя в составе ТЭЦ и утилизации энергии выхлопных газов коэффициент использования топлива достигает 90%.

Таким образом, газотурбинные энергетические установки OP16 являются оптимальным решением как для нефтегазового сектора, так и для других отраслей промышленности и коммерческих объектов. Установки прошли испытания в самых суровых условиях эксплуатации и доказали свою работоспособность, надежность и экономичность.

К примеру, на Тэдинском месторождении компании «Лукойл» две ГТУ OP16 отработали 52 000 и 46 000 ч без капитального ремонта, несмотря на эксплуатацию двигателей на коррозионно-агрессивном попутном газе с высоким содержанием сероводорода. Плановый капитальный ремонт рекомендован после 40 000 ч. Установки эксплуатируются в когенерационном режиме. ТЭЦ на базе двух OP16 обеспечивает нефтепромысел энергией и снабжает отопительные сети теплом.

Семь ГТУ OP16 демонстрируют высокие рабочие характеристики на ТЭЦ одного из крупнейших нефтегазовых месторождений России – Южно-Русского компании «Севернефтегазпром». Общая наработка установок на сегодняшний день составляет 130 тыс. ч.

ТК (Teekay Petrojarl) успешно эксплуатирует три установки компании OPRA на нефтедобывающей платформе в Северном море. Работая только на попутном газе, ГТУ OP16 снабжают электроэнергией все технологическое оборудование и полностью обеспечивают собственные нужды платформы.

OPRA turbines гарантирует своим заказчикам передовое надежное энергетическое оборудование с высокими экономическими показателями и техническими характеристиками, экологически чистое, доступное в самые короткие сроки и со степенью готовности «подключи и эксплуатируй». Работа оборудования поддерживается профессиональным уровнем технического обслуживания, осуществляемого высококвалифицированными специалистами в самые короткие сроки.

