



Газотурбинные агрегаты Siemens для Каспийского трубопроводного консорциума

**В. В. Дурыманов, А. С. Иванов, К. Р. Ишбулатова – ООО «Сименс»
А. Г. Степанов – ЗАО «Каспийский трубопроводный консорциум – Р»
М. Ю. Сурников – Flowserve B.V.**

В апреле текущего года компания Siemens подписала контракт с Каспийским трубопроводным консорциумом (КТК) на поставку 11 новых насосных газотурбинных агрегатов на базе двухвальных газовых турбин SGT-100 мощностью 5,7 и 4,9 МВт и насосов BFD производства Flowserve, а также на 5 новых газогенераторов. Они предназначены для модернизации существующих насосных агрегатов. В результате реализации контракта количество газотурбинных установок на текущих объектах КТК на территории России и Казахстана увеличится почти вдвое.

IN BRIEF

Siemens gas turbines for Caspian Pipeline Complex.

CPC is the first-rate project with foreign participation in Russia and CIS countries. First stage of the project was finished in 2003. At present the second stage of the project was started.

In April of 2010 Siemens signed the contract with Caspian Pipeline Consortium for the delivery of 11 pumping units and 5 gas-generators. Each of the unit was developed on the base of SGT-100 two-shaft gas turbines rated at 5.7 and 4.9 MW.

Трубопроводная система КТК – крупнейший на территории СНГ проект с участием иностранного капитала. Объем инвестиций на первом этапе создания системы, вышедшей на проектную мощность в 2004 году, превысил \$2,6 млрд. Сегодня начинается вторая стадия реализации проекта – расширение Каспийской нефтепроводной системы. Это обусловлено тем, что изначально она разрабатывалась с учетом последующего увеличения первоначальной пропускной способности до 67 млн тонн сырой нефти в год (в 2,5 раза).

Для достижения требуемой производительности необходима реконструкция существующих и строительство новых насосных станций с электроприводными и газотурбинными насосными агрегатами, что уже на стадии предпроектной проработки и проведения тендеров поставило ряд сложных технических задач для заказчика, проектировщиков и поставщиков оборудования.

Компания Siemens активно включилась в данный процесс. Прежде всего, необходимо было тщательно изучить требования заказчика к характеристикам поставляемого оборудования, а также климатическому исполнению. Кроме того, проанализировать опыт эксплуатации агрегатов SGT-100, поставку которых для первого этапа проекта осуществляло предприятие в г. Линкольне (Великобритания), вошедшее в 2003 г. в состав компании Siemens. Данный подход позволил грамотно оценить возможности внедрения современных решений компании в существующее оборудование и найти оптимальное решение, которое могло бы устроить заказчика. В итоге КТК вновь остановил свой выбор на агрегатах SGT-100, прошедших стремительную эволюцию за 10 лет существования работы трубопроводной системы. Этого невозможно было бы достичь без потенциала совершенствования, заложенного в SGT-100.

Насосный агрегат на базе ГТУ SGT-100

Полнокомплектный модульный насосный агрегат SGT-100 состоит из турбоблока, насоса с редуктором на раме, других вспомогательных систем: системы управления, маслосистемы, модуля газового и жидкого топлива, системы выхлопа, всасывания воздуха, опорных конструкций и т.д.

Для перекачки сырой нефти в составе агрегата используется двухступенчатый центробежный насос BFD с горизонтальным разъемом корпуса, с рабочими колесами, расположенными симметрично (тип BB1 по API 610). Насос производства компании Flowserve выполнен в соответствии с требованиями стандарта API 610, предназначен для тяжелых условий работы и обеспечивает перекачку жидкой среды с высокими значениями давления и расхода.

Приводом насоса служит газотурбинная установка SGT-100, которая будет поставляться для данного проекта в модификациях с номинальной мощностью 5,7 МВт и 4,9 МВт (согласно ISO). Турбина имеет надежную, отработанную конструкцию, а также обладает для агрегатов малой мощности высоким значением КПД – 31,7-32,9 %. Одним из наиболее важных преимуществ является возможность поставки SGT-100 как в одновальном, так и двухвальном исполнении (рис. 1). Это позволяет одинаково успешно использовать ее и для энергетических проектов, и в качестве механического привода. По этому принципу, в частности, обеспечена унификация энергетического и перекачивающего оборудования, эксплуатируемого КТК.

Новейшая версия турбины SGT-100 – это 10-ступенчатый околосвуковой компрессор с консольной турбиной, улучшение показателей которого обеспечивалось постепенным совершенствованием отдельных элементов конструкции. Данный подход позволил внедрить последние технологические новшества без ущерба для основных преимуществ платформы SGT-100, таких как надежность и эксплуатационная готовность.

Повышенные характеристики компрессора, в частности, были достигнуты за счет использования осевого компрессора, конструкция которого идентична компрессорам ГТУ для энергетического применения, обладающего самыми совершенными на сегодня показателями, а также внедрения технологии трехмерного диффузионного аэродинамического проектирования. Эта технология была использована при создании профиля лопаток первых двух ступеней компрессора с контролируемым расширением потока в межлопаточном пространстве, что уже успешно применялось на SGT-300 и SGT-400. Повышение КПД турбины обеспечено за счет

уменьшения перетекания потока между ступенями и улучшенной организации охлаждения лопаток первой ступени турбины.

Другой важной особенностью поставки является то, что, согласно требованию заказчика, вновь поставляемые агрегаты, как и эксплуатируемые, должны оснащаться двухтопливной системой, обеспечивающей работу как на газовом, так и на жидком топливе, а также автоматическое переключение с одного топлива на другое без дополнительной перенастройки оборудования.

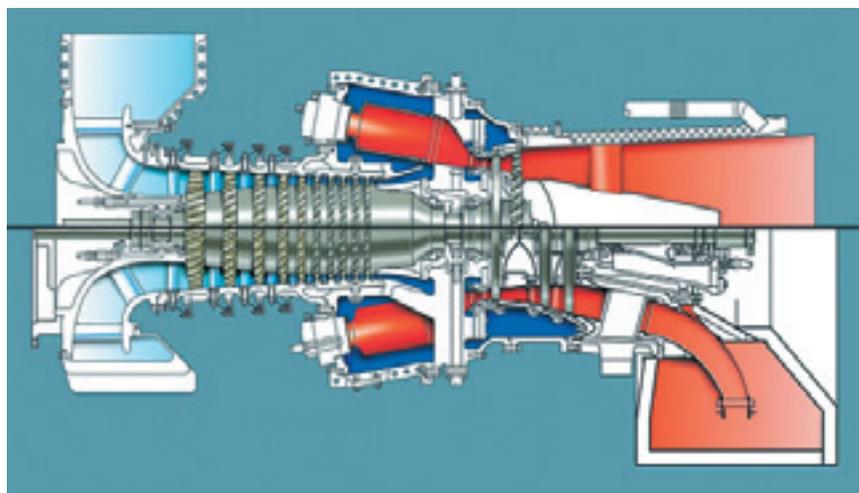
Камера сгорания DLE

Новый проект предъявляет особые требования к экологическим показателям оборудования. Поэтому компания Siemens совместно с заказчиком выбрали камеру сгорания с сухим подавлением выбросов (DLE), обеспечивающую очень низкий уровень оксидов азота при работе как на газообразном (менее 25 ppm), так и на жидком топливе.

Надо отметить, что данная система будет применяться не только на поставляемых агрегатах – камера сгорания существующих приводов насосных агрегатов, установленных на территории России, будет также модернизирована.

Особенностью системы низкоэмиссионного сгорания является использование горелки, в которой сжигается предварительно подготовленная обедненная смесь. Горелка, служащая для приготовления однородной топливоздушной смеси, представляет собой шайбу-завихритель с подачей топлива непосредственно в завихритель через множественные каналы между его лопатками. Для розжига камеры сгорания на запуске и предотвращения срыва пламени на переходных режимах небольшое количество топлива постоянно подается в пилотную горелку, расположенную по центру шайбы-завихрителя. Запальная свеча, работаю-

Рис. 1. Проточная часть турбины SGT-100 в разрезе в одновальном (вверху) и двухвальном исполнении



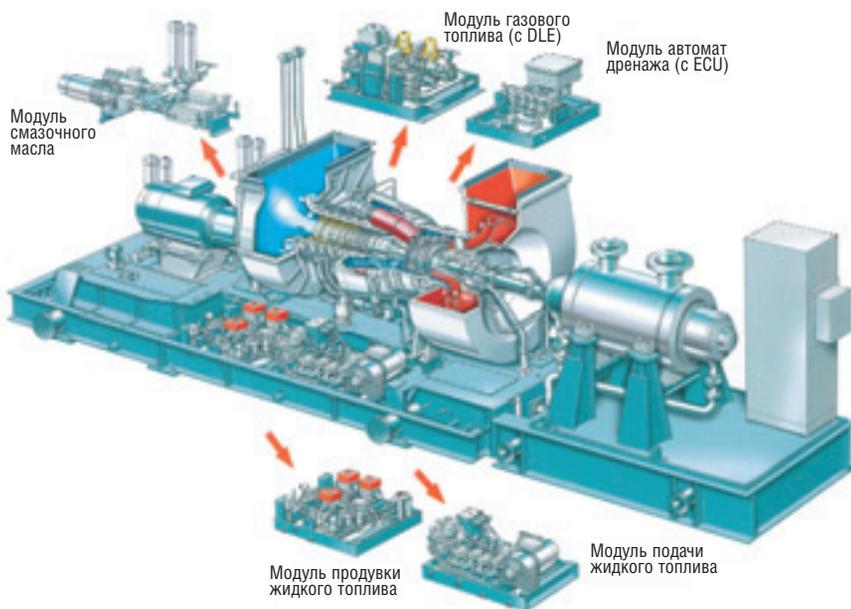


Рис. 2. Компоновка насосного агрегата SGT-100

щая только на запуске, выведена на поверхность пилотной горелки.

Закрученный поток имеет настолько высокую скорость, что процесс сжигания не может начаться внутри собственно завихрителя. Кроме того, завихрение потока вызывает его рециркуляцию в камере сгорания, в результате чего на выходе завихрителя возникает зона обратных токов. Устойчивость сжигания в этой зоне обеспечивается низкой скоростью и высокой турбулентностью.

Таким образом, в камере сгорания реализуется равномерное поле температур, способствующее максимальному сгоранию смеси с минимальными выбросами. При этом система регулирования расхода вторичного воздуха при работе на частичной нагрузке обеспечивает оптимальный состав топливной смеси на различных режимах работы газотурбинной установки. Как результат, турбина SGT-100 имеет низкие показатели выбросов в максимально широком диапазоне рабочих режимов.

Компоновка агрегата

Изменения коснулись не только газотурбинной установки и центробежного насоса. Компоновка агрегата также претерпела ряд существенных изменений. В частности, была обеспечена модульность конструкции отдельных вспомогательных систем агрегата, что позволяет производить их легкую замену и монтаж (рис. 2). Кроме того, большая часть этих модулей, устанавливаемых ранее вне агрегата, была перенесена на раму турбоблока, включая модули подачи газового и жидкого топлива, продувки жидкого топлива и др. Существенно уменьшилось количество металлоконструкций. Все это

позволило сделать агрегат максимально компактным. При поставке будут также учитываться климатические условия эксплуатации оборудования.

Опираясь на все вышесказанное, можно сделать вывод, что компания Siemens обладает на сегодня совершенным продуктом – агрегатом SGT-100, обладающим конкурентной ценой, надежностью, удовлетворяющим современным требованиям безопасности, эффективности и экологичности.

Успешная реализация проекта обеспечивается благодаря объединению усилий и тесному взаимодействию в рамках компании Siemens департаментов «Сервис» и «Нефть и Газ» сектора Энергетики в течение нескольких месяцев. Заказчик может положиться на высокий уровень компетенции и возможностей локальной сервисной организации Siemens, включая российскую команду инженеров по эксплуатации и ремонту, сервисный центр, расположенный в г. Краснодаре, недалеко от объектов КТК. Учитываются также преимущества действующего долгосрочного договора на техническое обслуживание имеющихся 16 агрегатов на базе газовых турбин SGT-100.

Долгосрочный контракт на обслуживание

Начиная с 2005 года компания Siemens осуществляет долгосрочную сервисную поддержку агрегатов, поставленных для КТК. В 2009 году с трубопроводным концерном был подписан очередной долгосрочный контракт на обслуживание 15 агрегатов на базе газовых турбин SGT-100, установленных на трубопроводе КТК, который проходит из Тенгиза в Казахстане до Новороссийска в России. Две насосные станции, оборудованные газовыми турбинами Siemens, расположены на территории России и одна станция – на территории Казахстана. Резервуарный парк консорциума,



Фото. Демонтаж газовой турбины SGT-100 для проведения инспекции

расположенный в г. Новороссийске, также оборудован двумя турбинами Siemens.

Данный контракт включает плановые и внеплановые работы на агрегатах и обслуживание насосов. Siemens вместе со своим подрядчиком по насосам может выполнить все работы по внеплановому техническому обслуживанию и планово-предупредительному ремонту.

Планово-предупредительный ремонт на объектах КТК осуществляется в ходе проведения инспекций – тип А (после 8 000 ЕОН*), В (после 24 000 ЕОН) и С (после 48 000 ЕОН).

В рамках сервисного договора компания Siemens оказывает КТК целый комплекс услуг, включая (но не ограничиваясь):

- планирование и проведение инспекций оборудования согласно разработанному совместно с КТК графику;
- постоянный мониторинг рабочих параметров и анализ состояния оборудования при помощи удаленной системы мониторинга EDEN;
- обеспечение аварийных выездов специалистов;
- консультационную поддержку, включая рекомендации по решению возникших технических проблем;
- выработку рекомендаций по совершенствованию системы очистки воздуха с применением фильтров НЕРА, включая проведение анализа отложений на фильтроэлементах ВОУ (воздухоочистительное устройство);
- оперативное реагирование на вызовы, связанные с необходимостью совершенствования работы турбин, включая проведение сложных металлографических анализов лопаток дисков высокого давления, позволяющих точно оценить состояние турбин и скорректировать назначенный ресурс исходя из условий работы ГТУ;
- круглосуточную телефонную поддержку (в т.ч. на русском языке);
- обучение обслуживающего персонала;
- рекомендации по замене частей и узлов оборудования, его модернизации;
- поставку (плановую и срочную) запасных частей и расходных материалов;
- всестороннюю поддержку при возникновении нештатных ситуаций (прибытие квалифицированного персонала для выяснения причины и устранения неполадок, координация работ и пр.).

Компания Siemens имеет в своем штате российских высококвалифицированных инженеров по эксплуатации и ремонту: пять из них

стратегически базируются в Краснодаре, один инженер находится в Новороссийске. Компания также располагает службой технической поддержки в Москве. В рамках долгосрочного договора Siemens периодически командировывает постоянного представителя завода-изготовителя на объекты КТК, который контролирует текущее состояние оборудования.

На предприятии Siemens в г. Линкольне работают 15 обученных специалистов, имеющих российские и казахстанские визы, которые при необходимости оказывают помощь в устранении неполадок на нефтепроводе.

Локализованный сервисный центр в г. Краснодаре

В 2005 году российским подразделением компании образован сервисный центр в городе Краснодаре («Турбины и дизели» № 6, 2007 г.). Он создавался и развивался, главным образом, для сервисной поддержки Каспийского трубопроводного консорциума.

Сервисный центр многофункционален и обеспечивает проведение инспекций газовых турбин малой мощности SGT-100 с заменой деталей и узлов ГТУ, а также хранение запасных частей, компонентов турбин, вспомогательных систем, долгосрочное хранение и консервирование турбинных агрегатов. Сегодня в сервисном центре на долгосрочном хранении находятся две запасные турбины КТК.

Производственная площадь предприятия составляет 420 м². Оно оснащено необходимым подъемным оборудованием, инструментом для проведения механосборочных работ, спецприспособлениями и оснасткой.

В настоящее время собственными силами технического персонала компании успешно проведены инспекции уровня В двигателя SGT-100. Не останавливаясь на достигнутом, компания реализует план дальнейшего развития центра, а также повышения компетенции технического персонала с целью проведения инспекции уровня С.

Благодаря опыту, накопленному при эксплуатации агрегатов КТК, привлечение компании Siemens к работам по вводу вновь поставляемого оборудования в эксплуатацию, несомненно, позволит обеспечить высокий уровень надежности в будущем. Выражаем уверенность, что контракт на поставку новых ГТУ в рамках проекта по расширению нефтепроводной системы позволит укрепить отношения, которые сложились в период профессиональной сервисной поддержки парка газотурбинных агрегатов. **Д**

*Equivalent operating hours – эквивалентные часы наработки