

Машинный зал
Грозненской ТЭС

Грозненская ТЭС – современная газотурбинная электростанция большой мощности

In brief

Grozny TPP – a state-of-the-art large gas turbine power plant.

In June 2019, as part of the completion of DPM-1 program, the Grozny TPP with electric capacity of 360 MW was put in operation – one of the largest gas turbine power plants operating with simple cycle in the energy system of Russia. The customer of Grozny TPP construction was GEH Engineering (Moscow), the general contractor – TEK Mosenergo (Moscow), the general designer – Mosenergoproekt (Moscow) and the operating organization is OGK-2 (St. Petersburg). Two SGT5-2000E gas turbine packages manufactured by Siemens Gas Turbine Technologies (located in Leningrad Region) were applied as main generating equipment.

Д. М. Михайлов, В. С. Мухин, И. А. Пруссак, В. М. Соловьев, Д. В. Филимонцев – ООО «СТГТ»

В июне 2019 года в рамках завершения программы ДПМ-1 была введена в эксплуатацию Грозненская ТЭС электрической мощностью 360 МВт. Это одна из крупнейших газотурбинных электростанций, работающих в простом цикле, в энергетической системе РФ. Строительство электростанции было необходимо для энергоснабжения Чеченской Республики, с учетом прогнозируемого роста электропотребления, а также для повышения надежности ОЭС Юга.

Заказчиком строительства Грозненской ТЭС выступило ООО «ГЭХ Инжиниринг» (Москва), генподрядчик – ТЭК «Мосэнерго», генпроектировщик – ООО «Мосэнергопроект». Эксплуатирующей организацией является ПАО «ОГК-2» (С.-Петербург).

При реализации проекта заказчик ориентировался на следующие основные принципы:

- минимизация стоимости строительства за счет применения оптимальных проектных решений в части выбора оборудования и компоновочных решений;
- максимальное использование отечественного оборудования;
- максимальная заводская готовность оборудования для сокращения сроков монтажа и пусконаладки;
- высокий уровень автоматизации;
- ввод ТЭС в эксплуатацию в планируемый срок;
- низкая стоимость технического обслуживания оборудования;
- возможность расширения ГТЭС по парогазовой технологии в будущем.

Проектирование Грозненской ТЭС началось в середине 2017 года, при этом учитывались специфические условия на месте строительства (диапазон температур наружного воздуха от $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+41\text{ }^{\circ}\text{C}$, сейсмичность 9 баллов по шкале MSK-64 и др.). Чтобы выдержать плановый срок ввода станции в эксплуатацию, разработка проектной документации была начата генпроектировщиком еще до подписания договоров на поставку основного и вспомогательного оборудования. Необходимые исходные данные при этом поставщики предоставляли в адрес генпроектировщика и генподрядчика по соответствующим запросам.

Основным генерирующим оборудованием ТЭС стали две комплектные газотурбинные установки SGT5-2000E, которые изготавливаются на предприятии «Сименс Технологии Газовых Турбин» (Ленинградская область). Они имеют двухтопливную конфигурацию, с сухим подавлением выбросов оксидов азота при работе на жидком топливе. Одна турбина является 8-й версией ГТУ, с гарантийными показателями 173 МВт (ISO), другая – первая

в мире 9-я версия мощностью более 182 МВт (ISO). Основное и резервное топливо для ГТУ – природный газ, жидкое топливо используется в качестве аварийного.

В состав комплектной ГТУ SGT5-2000E входят:

- газовая турбина, генератор с воздушным охлаждением;
- система возбуждения, тиристорная пусковая установка; трансформаторы системы возбуждения и тиристорной пусковой установки;
- КВОУ с подогревателем воздуха, выхлопной диффузор;
- базовый модуль со вспомогательными системами, модуль жидкого топлива, соединительные трубопроводы (с опорами), шумозащитные кожухи и стенки, система пожаротушения (ГК «Сталт», С.-Петербург), система промывки компрессора и др.;
- центр управления мощностью контейнерного типа с расположенными внутри электрическими системами, аккумуляторными батареями, шкафами защит и системы управления SPPA T3000.

Компоновка комплектной ГТУ является стандартной, в то же время расположение рамы с баллонами CO₂ системы пожаротушения и модуля промывки компрессора можно изменять в соответствии с проектными требованиями.

Договор на поставку двух комплектных ГТУ был подписан между ООО «ГЭХ Инжиниринг» и СТГТ в феврале 2018 г. Начало поставок было запланировано на июнь того же года, при этом оборудование после прибытия на станцию и проведения входного контроля (инспекции на месте поставки) сразу должно было передаваться в монтаж.

Учитывая длительный опыт сотрудничества СТГТ с заказчиком по предыдущим проектам, изготовление газовых турбин и генераторов началось одновременно с началом проектирования станции, а критического вспомогательного оборудования – в конце 2017 года. Такой подход позволил выполнить поставку газовой турбины и генератора для первого блока на площадку Грозненской ТЭС в июне, а для второго блока – в июле 2018 года.

Доставка осуществлялась через порт Бронка (С.-Петербург) до порта г. Махачкалы по внутренним рекам России (фото 1). Далее турбины и генераторы были перевезены по трассе «Каспий» до г. Грозный в течение двух дней. Сроки поставки вспомогательного оборудования (июнь–сентябрь 2018 г. согласно договору) также были выдержаны, а по некоторым позициям оно доставлено с опережением графика.



Компактный машинный зал ГТУ был специально спроектирован с учетом минимально достаточных требований по выполнению операций при техническом обслуживании оборудования (перенос камеры сгорания, извлечение ротора генератора и разборка ротора ГТУ в вертикальном положении и др.). В результате удалось снизить стоимость строительной части проекта.

В ходе исполнения проекта необходимо было решить одну из непростых задач – поставить на площадку центр управления мощностью (ЦУМ) для первой ГТУ примерно через 4 месяца после подписания договора. Это было обусловлено необходимостью обеспечить технологическую последовательность монтажа оборудования внутри компактного машзала не допуская простоя. Задача была успешно решена за счет ускоренного изготовления ЦУМ с привлечением дополнительных специалистов и доставки его самолетом в аэропорт г. Минеральные Воды (фото 2) с последующей перевозкой на станцию.

В проекте применены генераторы SGen5-100A-2P производства Siemens AG (г. Эрфурт). Они выполнены на раме, с выносными подшипниками и замкнутым воздушным охлаждением. Данные генераторы используются в составе

📷 Фото 1. Отгрузка газовых турбин и генераторов из порта Бронка (С.-Петербург) в порт г. Махачкалы

📷 Фото 2. Погрузка ЦУМ в самолет для транспортировки в аэропорт г. Минеральные Воды



Фото 3. Ротор генератора SGen5-100A на заводе-изготовителя



как газотурбинных, так и паросиловых установок. Проектные параметры генератора SGen5-100A-2P для Грозненской ТЭС: номинальная мощность 218 МВА, номинальный коэффициент мощности 0,85, КПД 98,7%, допустимая длительная мощность 248 МВА, напряжение 15,75 кВ.

К отличительным особенностям этих генераторов относится:

- широкое применение в различных странах мира, в том числе в России (2 x Уренгойская ГРЭС, 2 x Хуадянь-Тенинская ТЭЦ, в составе ПТУ на парогазовых энергоблоках и др.);
- соответствие российским требованиям (двукратное форсирование по току ротора в течение 20 секунд и т.д.);
- комплектная сборка на заводе с установкой ротора в статор и доставка до места в собранном виде (упрощение монтажа);
- применение выносных охладителей (разрабатываются под требования проекта);
- минимальный расход охлаждающей воды – всего 216 т/ч (экономия э/э собственных нужд) и широкий диапазон температуры охлаждающей воды (по проекту: от +8 °С до +36 °С).

Генератор SGen5-100A комплектуется необходимыми приспособлениями для транс-

Фото 4. Сертификационные испытания АРВ в СДС «СО ЕЭС»: специалисты компаний Siemens AG и СТГТ



портировки и технического обслуживания. В соответствии с руководством по эксплуатации, извлечение ротора генератора (фото 3) для осмотра и оценки состояния производится через шесть лет после начала работы.

На оборудовании Грозненской ТЭС впервые в России была применена новая модификация автоматического регулятора возбуждения (АРВ) сильного действия THYRIPOL 6RV80 (в составе регулятора напряжения ST6C и системного стабилизатора PSS2B). Он предназначен для статических систем возбуждения синхронных генераторов. С этой целью летом 2018 года проведена добровольная сертификация АРВ (с установленной версией алгоритма 1.3 SP4) в АО «СО ЕЭС» (С.-Петербург) на соответствие требованиям стандарта СТО 59012820.29.160.20.001-2012. Для этого были изготовлены две дополнительные стойки с АРВ для подключения к испытательному стенду СДС «СО ЕЭС». Испытания проводились по утвержденной программе, во время которых происходила итерационная адаптация алгоритма работы АРВ (фото 4). Программное обеспечение для регулятора, уточненное на основании испытаний (алгоритм 1.3 SP4), было установлено на оборудование во время пусконаладочных работ на площадке Грозненской ТЭС.

Современная тенденция в новом строительстве и реконструкции тепловых электростанций (ДПМ-1, ДПМ-2, КОММод, КОМ НГ) – это использование генераторных распределительных устройств (ГРУ) вакуумного типа в цепи «генератор–блочный трансформатор» для генерирующего оборудования до 450 МВА. В проекте Грозненской ТЭС применены ГРУ вакуумного типа НВЗ-100 поставки ООО «Сименс» (фото 5).

Характерными особенностями ГРУ вакуумного типа являются:

- отсутствие системы элегаза и исключение в принципе такой потенциальной опасности для эксплуатирующего персонала, как нештатный или аварийный выброс элегаза из систем ГРУ;
- полное отсутствие затрат на эксплуатацию в течение 10 000 циклов коммутации номинального тока и 30 отключений полного тока короткого замыкания (КЗ);
- немедленная готовность выключателей к повторному включению после отключения тока КЗ.

Помимо коммутации и защиты основных агрегатов энергоблока от короткого замыкания, через ГРУ обеспечивается питание тиристорного пускового устройства (ТПУ), предназначенного для пуска газовой турбины посредством включения генератора в режим



С Фото 5. Генераторное распределительное устройство вакуумного типа HV3-100

пературах наружного воздуха, изготовлены НПВП «Турбокон» (г. Калуга). Они предназначены для подачи охлаждающей воды на генераторные и масляные охладители ГТУ.

АСУ ТП (ЭТО, ТМО) Грозненской ТЭС реализовала ГК «Текон». Одним из новшеств данного проекта в части создания САУ ГТУ стало применение современного протокола интеграции OPC UA (ранее в подобных проектах для интеграции с верхним уровнем применялся протокол OPC DA). Исходный проект не предусматривал использования данного протокола в ПТК АСУ ТП верхнего уровня Грозненской ТЭС, но общими усилиями специалистов ООО «СТГТ» и ГК «Текон», при активном участии заказчика, эта техническая задача была решена.

Поставленные в комплекте с ЦУМ микропроцессорные устройства релейной защиты ГТУ были успешно интегрированы с общестанционными комплектами микропроцессорных защит, изготовленных ГК «Текон», по современному протоколу обмена данными МЭК 61850. За счет этого была достигнута наиболее полная управляемость и видимость процессов работы ГТУ.

С каждым проектом, реализуемым в России компанией «Сименс», все большая роль отводится российским специалистам. На Грозненской ТЭС управление проектом осуществлялось командой ООО «СТГТ», а российские инженеры, проектировавшие системы ГТУ (в частности, САУ и электрическую часть), были затем привлечены к монтажным и пусконаладочным работам на площадке. Российскому заказчику легче работать с отечественными специалистами, так как снимаются коммуникационные барьеры, отсутствуют трудности перевода, что приводит к экономии времени, и работа на площадке становится более эффективной.

В феврале 2019 года были успешно проведены испытания ГТУ 9-й версии в условиях станции при температурах наружного воздуха $-5^{\circ}\text{C} \dots +5^{\circ}\text{C}$, во время которых проверялось состояние ГТУ при повышенных нагрузках (вибрация, относительные перемещения, уровень выбросов и т.д.). В ходе испытаний все контролируемые параметры, определяющие техническое состояние турбины, находились в пределах нормы, фактическая мощность при испытаниях достигала более 220 МВт, что говорит об имеющемся потенциале по увеличению мощности ГТУ данного типа.

Оперативно-техническое руководство проектом, организованное заказчиком, позволило своевременно выявлять открытые вопросы и эффективно решать их. Высокая квалификация

синхронного двигателя. Соответствующие предохранители ТПУ устанавливаются в корпусе распределительного устройства при его изготовлении или во время монтажа ГРУ.

Ядром распределительного устройства является вакуумный прерыватель. Жесткая рама и корпус ГРУ рассчитаны на эксплуатацию в районах повышенной сейсмичности. При проектировании и изготовлении устройства использовался принцип пассивного охлаждения. Корпус распределительного устройства и оребренная крышка позволяют эффективно отводить тепло от рабочих органов выключателя, не прибегая к принудительной вентиляции. Работы по наладке ГРУ HV3-100 были проведены в сжатые сроки, что обусловлено высокой заводской готовностью данной продукции.

Для выдачи мощности Грозненской ТЭС в сеть высокого напряжения 110 кВ применяются два блочных силовых трансформатора мощностью по 250 МВА производства ООО «Сименс Трансформаторы» (г. Воронеж). Эта же фирма поставила также два трансформатора собственных нужд станции мощностью по 16 МВА и резервный трансформатор собственных нужд на 25 МВА.

Блочный пункт подготовки газа производства АО «Газстройдеталь» (г. Тула) и дожимная компрессорная станция компании Eperproject, поставленная и введенная в эксплуатацию при технической поддержке ООО «Энергаз» (Москва), обеспечивают требуемые параметры топливного газа для ГТУ: расход, давление, допустимое содержание масла, отклонение по составу, числу Воббе, температуре и др.

В состав ДКС входят три дожимные компрессорные установки EGSI-S-610/2850 WA: две рабочие (по одной на каждую ГТУ) и одна резервная. Каждая установка оснащена усовершенствованной системой фильтрации газа после компрессора для обеспечения минимально допустимого остаточного содержания паров масла в топливном газе (не более 0,1 ppmw).

Полностью автоматизированные сухие вентиляционные градирни СВГ-6-300 с системой орошения, применяющейся при высоких тем-



Фото 6. Во время проведения пусковых операций

и активная работа всех участников проекта способствовали созданию атмосферы высокого доверия и тесного сотрудничества (фото 6), что в конечном итоге позволило построить Грозненскую ТЭС в требуемый срок с необходимым качеством. 28 июня 2019 года Грозненская ТЭС успешно введена в эксплуатацию, а ООО «Сименс Технологии Газовых Турбин» получило положительную оценку со стороны заказчика по итогам реализации проекта.

Одновременно вступил в силу сервисный договор между СТГТ и ООО «ТЭР-Сервис» на долгосрочное (13 лет) обслуживание газовых турбин Грозненской ТЭС. Договор предусматривает обслуживание газовых турбин, генераторов, САУ ГТУ и электрооборудования, а также формирование стратегического склада запасных частей для заказчика. Кроме того, 8-ю версию газовой турбины планируется модернизировать до 9-й версии.

Выводы

- Газотурбинные установки SGT5-2000E, версий 8 и 9, успешно применены на Грозненской ТЭС: контрактные обязательства ООО «Сименс Технологии Газовых Турбин» выполнены в полном объеме.
- Стоимость проекта была оптимизирована за счет технических решений, принимаемых с привлечением поставщиков по направлениям и реализованных совместно с генпроектировщиком и генпроектировщиком. Такой подход заказчика положительно зарекомендовал себя при реализации данного проекта.
- Правильность выбранного компанией «Сименс» направления по локализации газотурбинного и электротехнического оборудования была подтверждена в ходе реализации проекта Грозненской ТЭС.
- Дальнейшее повышение КПД Грозненской ТЭС возможно за счет перевода ее в парогазовый цикл, с обеспечением требуемой маневренности энергоблока. **D**

Предприятие «ОДК-Газовые Турбины» поставит новые ГПА для ДКС Заполярного НГКМ.

Для расширения дожимной компрессорной станции УКПГ-3С (вторая очередь) Заполярного месторождения («Газпром добыча Ямбург») компания «ОДК-ГТ» изготовит и поставит 4 газоперекачивающих агрегата ГТН-16Р-ПС ангарного исполнения.

Ранее, в период 2016–2018 гг., предприятием были изготовлены и поставлены ГПА-16 для УКПГ-3С и УКПГ-2С (первая очередь) Заполярного НГКМ.

В составе агрегатов применяются приводы ПС-90ГП-2 производства АО «ОДК-Пермские моторы», разработка «ОДК-Авиадвигатель». Компрессоры с магнитным подвесом будут изготовлены на предприятии «РЭП Холдинг».

В конструкции сменной проточной части применяются системы сухих газодинамических уплотнений и магнитный подвес ротора, что является преимуществом изготовленного оборудования. Это обеспечивает полное отсутствие механического трения при вращении ротора и, как следствие, значительно повышает надежность агрегата, отпадает необходимость подачи смазки в компрессор.

Агрегаты ангарного исполнения планируются полностью ввести в эксплуатацию в 2021 году. На данный момент введены 13 газоперекачивающих агрегатов. Заказчиком оборудования выступила компания «Газпром добыча Ямбург». Генеральным проектировщиком является Саратовский филиал ООО «Газпром проектирование».

UEC-Gas turbines will supply new gas pumping units for booster compressor station on the site of Zapolyaroye oil and gas condensate field.

Under the contract with Gasprom добыча Yamburg, Ltd. UEC-Gas turbines will manufacture and supply four GTN-16R-PS gas pumping units. They will be installed on the site of booster compressor station at Zapolyaroye oil and gas condensate field. Earlier in 2016-2018 UEC-Gas turbines produced and delivered GPA-16 gas pumping units to the site. The units were developed on the base of PS-90GP-2 gas turbine drives manufactured by UEC-Perm motors. The units are equipped with centrifugal compressors with magnetic bearings supplied by REP Holding. Changeable flow channels of the compressors are equipped with dry gas seals and rotor magnetic levitation. It eliminates mechanical friction and improves reliability of the units. Hangar type gas pumping units will be commissioned in 2021. At present there are 13 units in operation at the site. General designer of the project is Saratovskiy affiliate of Gasprom projectirovanie, Ltd.