

Пермские газотурбинные энергоблоки в парогазовом цикле – ПГУ-ТЭС г. Знаменска

Д. А. Деринский, К. В. Бушмелев – ЗАО «Искра-Энергетика»

Д. А. Капралов – ООО «Турбомашины»

Перспективным направлением модернизации энергетики России является применение газовых и паровых турбин в комбинированном (парогазовом) цикле для строительства теплоэлектростанций (ПГУ-ТЭС). Строительство ПГУ-ТЭС на базе современного российского высоко-технологичного оборудования в г. Знаменске Астраханской обл. – это проект частного инвестирования в развитии энергетики города.

In brief

Perm combined cycle gas turbine power plants PGU-TES combined cycle power station is under construction in Astrakhanskaya Region.

One of modern and the most promising ways of Russian power industry updating is the application of gas and steam turbines as the parts of combined cycle power stations. The construction of combined cycle power station in Znamensk, Astrakhanskaya Region is the project with private investments. It is very important for the development of local power generation on the base of advanced gas turbine technologies.

General contractor for the project is Iskra-Energetika JSC. It is constructing PGU-TES combined cycle power station with total electric output of 44 MW under the contract with GK-4 JSC.

The investments to the project are 2 billion rubles.

➤ **Забивка свайного поля на строительной площадке ПГУ-ТЭС в г. Знаменске**

Генеральный подрядчик проекта – компания «Искра-Энергетика» по договору с ГК-4 ведет строительство под ключ ПГУ-ТЭС (далее ПГУ) электрической мощностью 44 МВт, тепловой – 30 МВт в г. Знаменске. Объем инвестиций в возведение объекта составит около 2 млрд рублей. При реализации проекта будут использованы новые ресурсосберегающие технологии и отечественное оборудование. Производство электрической и тепловой энергии основано на применении парогазового цикла с теплофикацией, что по сравнению с отдельным производством существенно повысит коэффициент использования топлива. Церемония закладки первого камня в строительство состоялась 25 ноября 2010 года.

Проект актуален для всего энергетического сектора Астраханской обл., которая большую часть электрической нагрузки получает за счет перетоков энергии из соседних регионов. Область является энергодефицитным регионом – дефицит мощности составляет более 160 МВт. Поэтому строительство генерации средней мощности в дефицитных энергоузлах является

эффективным решением. Возведение станции – это хороший пример партнерских отношений энергосистемы региона, частного инвестора и муниципального образования.

Деятельность ЗАО «ГК-4» поддержана Правительством Астраханской области и инвестиционным советом при губернаторе А. Жилкине. Распоряжением правительства области строительству ПГУ присвоен статус «особо важный инвестиционный проект». В сентябре 2009 г. на VIII Международном экономическом форуме «Сочи-2009» в рамках экспозиции Астраханской области проект строительства ПГУ-ТЭС был представлен Председателю Правительства РФ В. В. Путину и получил его одобрение. Финансирование строительства ПГУ-ТЭС обеспечивает Внешэкономбанк.

ПГУ-ТЭС

Цикл ПГУ построен на базе двух газотурбинных энергоблоков ЭГЭС-16 разработки НПО «Искра», двух котлов-утилизаторов КГТ-26/3,9-440 производства ХК «Энергомаш-Строй» и паровой турбины Т-7/12-3,4/0,2 Калужского турбинного завода. Особенностью проекта является то, что единый энергокомплекс создается из двух объектов – теплоэлектростанции и подстанции 110/10 кВ. Оба объекта расположены на одной площадке. ЗАО «Искра-Энергетика», как генеральный подрядчик, отвечает за строительство и ввод в эксплуатацию всего энергокомплекса, выдающего тепло в городскую сеть и электроэнергию в энергосистему с гарантированными показателями.

Электрическая мощность от двух турбогенераторов ЭГЭС-16 и турбогенератора паровой турбины выдается через сборные шины распределительного устройства (ГРУ) 10 кВ в составе ПГУ-ТЭС. В ГРУ применена схема «одна рабо-



чая секционированная система шин». Для повышения надежности ГРУ-10 кВ выполнено трехсекционным, с двумя секционными выключателями.

Выдача электрической мощности в энергосистему производится при напряжении 110 кВ от ГРУ-10 кВ через токопроводы на подстанцию. Для этого в составе подстанции ПГУ предусмотрено открытое распределительное устройство (ОРУ) 110 кВ с двумя трансформаторами типа ТДН-40000/110. На подстанции реализуется типовая схема 110-13 «две рабочие системы шин».

Реконструкция прилегающей к электростанции сети 110 кВ предусматривает организацию шлейфовых заходов существующей ВЛ-110 кВ «Советская – Капустин Яр» на подстанцию ПГУ-ТЭС и строительство новой ВЛ-110 кВ между подстанциями «ПГУ-ТЭС – Капустин Яр». Подстанция «Капустин Яр» снабжает электроэнергией г. Знаменск. Проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию прилегающей сети выполняет ОАО «МРСК Юга».

Выдача тепловой мощности электростанции будет производиться по закрытой схеме. Тепловую энергию получают в газовых подогревателях сетевой воды двух котлов-утилизаторов и с теплофикационного отбора паровой турбины через бойлерную установку. Через единый тепловой контур и водо-водяной теплообменник ПГУ тепло передается в закрытый контур центральной котельной №3 и тепловой пункт, откуда оно поступает в городские сети.

Площадки ПГУ и котельной №3, которая входит в состав МП «Теплосети», расположены в непосредственной близости. В настоящее время котельная МП «Теплосети» является единственным поставщиком тепла в городе. С вводом ПГУ в эксплуатацию котельная станет резервной и будет покрывать пиковые нагрузки, что повысит надежность теплоснабжения города.

Площадка под строительство ПГУ расположена на территории промзоны Знаменска, поэтому жилая застройка в зону влияния объекта не попадает. Станция спроектирована в соответствии с требованиями охраны окружающей среды. Для минимизации вредного воздействия применена замкнутая система сбора и очистки ливневых и промышленных стоков с подачей очищенной воды в тепловой контур градирни и в технологический цикл. Применена система непрерывного мониторинга выхлопных газов котлов. Уровень шума не превышает предельно допустимых норм для промышленных объектов.

В соответствии с проектом на площадке разместится главный корпус, пункт подготовки



Рис. 3D-макет электростанции

газа (ППГ), градирня, склад масла, очистные сооружения, ОРУ. Здания и сооружения размещаются на свободных площадях, с минимальной протяженностью технологических связей и обеспечением необходимых проездных путей. Технологическая связь между ними осуществляется коммуникациями надземной и подземной прокладки.

Каркасы зданий выполнены по пространственной схеме. Для каркаса использованы эффективные прокатные профили – широкополочные двутавры, гнутые профили, а также марки стали повышенной прочности (С345 и С375). Монтажные соединения элементов каркаса выполнены на высокопрочных болтах без применения сварки на площадке монтажа. Ограждающие конструкции – трехслойные стеновые и кровельные сэндвич-панели с утеплителем из минераловатных плит на базальтовой основе. Фундаменты каркасов зданий и вспомогательного оборудования – монолитные железобетонные ростверки.

Главный корпус ПГУ состоит из двух машинных залов – паровой турбины и газотурбинных установок, пристройки с электротехническими и административно-бытовыми помещениями, площадки котлов-утилизаторов. Машинный зал паровой турбоустановки представляет собой трехэтажное здание 30х30 м. Составляющие элементы турбоустановки, размещаемой в машинном зале: паровая турбина, генератор – монтируются на железобетонный рамно-плитный фундамент. На дополнительных опорах под верхней плитой фундамента располагается конденсатор. В боковом пролете главного корпуса встраиваются помещения для вентиляционного оборудования и воздухозаборного отсека. С противоположной стороны на отметке 7,5 м располагается главный щит управления энергокомплекса.

Машинный зал газотурбинных установок – одноэтажный, с размерами в осях 22х15 м, высота 9,65 м. Воздухоочистительные установки и блоки маслообеспечения, примыкающие

Газотурбинный
двигатель ГТЭ-16ПА2



к отделению ГТУ снаружи, поставляются комплектно. С обеих сторон машзала находятся площадки под котлы-утилизаторы. К машинному залу паротурбинной установки примыкает четырехэтажная пристройка для электротехнических и административно-бытовых помещений 10х30 м, высотой 16 м.

Пункт подготовки газа расположен на открытой площадке (30х18 м) и состоит из двух дожимных компрессорных установок и коммерческого узла учета газа. Все оборудование поставляется на площадку комплексно в виде блоков контейнерного исполнения.

Двухсекционная градирня доставляется на стройплощадку в виде отдельных быстросборных элементов, которые устанавливаются непосредственно на резервуар, выполняющий функции фундамента. Резервуар объемом 2 000 м³ разделен на две секции. Здание очист-

ных сооружений промышленных стоков – однопролетное, рядом с ним расположены резервуары химически очищенной воды. Склад масла в таре, располагающийся в быстровозводимом однопролетном здании, обеспечивает необходимый запас масла для проведения ТО. ОРУ-110 кВ будет установлено на открытой площадке, где находятся два повышающих трансформатора 110 кВ и здание пункта управления.

Газотурбинный энергоблок

Энергоблок ЭГЭС-16 серии «Урал» разработаны НПО «Искра» для эксплуатации в качестве источника электрической энергии для объектов производственного и бытового назначения в районах с умеренным и холодным климатом (табл. 1). Основу ЭГЭС-16 составляет силовой блок с размещенной в нем газотурбинной установкой с двигателем, редуктором и синхронным турбогенератором.

Газотурбинная установка ГТЭ-16ПА2 (разработка ОАО «Авиадвигатель», производство Пермского моторного завода) с редуктором 55106-00-00-001 (ЗАО «Киров-Энергомаш») предназначены для привода синхронного турбогенератора. Разработчик турбогенератора Т-16-2РУХЛЗ.1 – ООО «Электротяжмаш-Привод».

В состав ЭГЭС-16 входят: воздухозаборная система; система подготовки циклового воздуха; системы охлаждения: ГТУ, трансмиссии, генератора; системы маслообеспечения, пожаротушения; газовая система; САУ и НКУ энергоблока; выхлопная система, обеспечивающая отвод отработавших газов ГТУ в котел-утилизатор.

Степень автоматизации обеспечивает работу энергоблока и его систем на всех рабочих режимах без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Энергоблоки расположены в легкосборном укрытии ангарного типа. В качестве топлива используется природный газ по ГОСТ 5542 или ОСТ 51.40, а также попутный нефтяной газ с подготовкой согласно ГОСТ 29358.

Табл. 1. Основные технические характеристики энергоблока ЭГЭС-16

Наименование	Значение
Номинальная / максимальная мощность, МВт	16,0 / 19,2
Время запуска и выхода ГТУ на режим «холостой ход», мин	5
Эффективный КПД ГТУ, %	35
Частота вращения турбогенератора, об/мин	3000
Расход газа на максимальном режиме, кг/ч	4000
Давление топливного газа на входе в ГТУ, МПа (изб.)	3,1...3,3
Номинальное напряжение турбогенератора, кВ	10,5

Табл. 2. Основные параметры котла-утилизатора

Наименование	Режим с дожигом	Утилизационный режим
Номинальная/максимальная паропроизводительность, т/ч	26,0 / 31,0	24,0
Рабочее давление пара, МПа (изб.)	3,9	3,9
Температура перегретого пара, °С	440	440
Номинальный расход греющих газов, кг/с	55,69	55,69
Температура газов на входе в котел, °С	550	502
Температура газов на выходе из котла, °С, не более	116	116
Температура питательной воды, °С	104	104

Паровой котел-утилизатор

Котел-утилизатор КГТ-26/3,9-440 изготавливается холдинговой компанией «Энергомаш-Строй». Котел предназначен для утилизации тепла выхлопных газов ЭГЭС-16 и выработки перегретого пара, направляющегося в паровую турбину, а также дополнительного съема тепла в газовом подогревателе сетевой воды, установленном на выходе котла.

Выхлопные газы от ГТУ подаются в котел горизонтально через подводящий газоход-диф-

фузор. За подводным газоходом расположен блок дожигающего устройства (БДУ) и поворотный газоход. Блок дожигающего устройства предназначен для повышения температуры выхлопных газов турбины в холодное время года. Между подводным газоходом и БДУ устанавливается термический компенсатор. Над котлом расположены шумоглушитель и дымовая труба, опирающаяся на каркас котла. Для запуска котла без ГТУ применен дутьевой вентилятор БДУ.

Котел имеет газоплотное исполнение для установки на открытой площадке. Поставляется котел готовыми заводскими блоками: барабан с внутривибрационным устройством; блоки водяного экономайзера, испарителя, пароперегревателя, газового подогревателя сетевой воды, дожигающего устройства; шумоглушитель и выходной газоход с дымовой трубой; вентилятор БДУ. Основные параметры котла приведены в табл. 2.

Паротурбинная установка

Паровая турбина Т-7/12-3,4/0,2 производства Калужского турбинного завода – теплофикационная, с регулируемым отбором пара на отопление, без системы регенерации (табл. 3). Предназначена для привода генератора (монтируемого на общем фундаменте с турбиной в помещении станции) и отпуска пара из теплофикационного отбора.

Т-7/12-3,4/0,2 в климатическом исполнении УХЛ4 (ГОСТ 15150-69) разработана на базе серийной турбоустановки ПТ-12. При этом был исключен производственный отбор и доработана проточная часть в соответствии с требованиями тепловой схемы ПГУ. Турбина должна обеспечивать длительную работу в регулировочном диапазоне мощности 30-100 % от максимальной и при частоте вращения ротора 98-101 % от номинального значения.

Параметры свежего пара на входе в турбину: абс. давление – 3,43 МПа; температура 435 °С, расход пара – 52 т/ч. Минимальное время пуска турбины из холодного состояния (после 72-часового простоя) составляет 2,5 часа. Для выработки электрической энергии в паровой турбоустановке используется турбогенератор Т-12-2УЗ (Электротяжмаш-Привод). Номинальная электрическая мощность на клеммах турбогенератора (ТГ) составляет 12 МВт. Пар из теплофикационного отбора паровой турбины подается в бойлер теплового контура электростанции.

Паровая турбина состоит из основных узлов: турбина в сборе с рамой, конденсатор КП-1000М, маслоохладитель МБГ-18-18, блоки фильтров, эжекторов, насосов. Турбина

оснащена электронно-управляющей частью электронно-гидравлической системы автоматического регулирования (ЭУЧ ЭГСАР). Она выполняет следующие функции:

- поддерживает заданную частоту вращения ротора генератора и обеспечивает возможность ее изменения в режиме пуска ТГ при номинальных и пусковых параметрах пара и при работе в индивидуальную электросеть;
- поддерживает заданную электрическую мощность и обеспечивает возможность ее изменения при параллельной работе ТГ с общей электросетью;
- поддерживает заданное давление пара в регулируемом отборе и/или температуру сетевой воды за подогревателем сетевой воды при параллельной работе ТГ с общей электросетью;
- удерживает частоту вращения ротора турбины ниже уровня настройки срабатывания автомата безопасности при мгновенном сбросе до нуля электрической нагрузки, соответствующей максимальному расходу пара при номинальных его параметрах и максимальных пропусках пара в часть низкого давления турбины;
- обеспечивает требуемую точность поддержания и ограничения параметров режимов работы турбины.

Пункт подготовки газа

Дожимная компрессорная станция (ДКС) производства фирмы «Ноэми» представляет собой комплекс, включающий два компрессорных модуля и необходимое вспомогательное оборудование. Компрессорный модуль может обеспечивать производительность, приведенную к условиям всасывания – 14200 м³/мин, и создавать конечное давление до 3,2 МПа (абс.) при давлении всасывания до 1,3 МПа (абс.).

В ДКС применен винтовой компрессор VP-S21T-52 компании Grasso (Германия).

Табл. 3. Основные параметры и характеристики паровой турбины

Наименование	Значение
Номинальная / максимальная мощность, МВт	12,0 / 13,2
Номинальная частота вращения ротора, об/мин	3000
Номинальные параметры свежего пара (перед стопорными клапанами): – абсолютное давление, МПа – температура, °С	3,43 435
Пределы отклонения параметров свежего пара от номинальных: – абсолютное давление, МПа – температура, °С	3,14...3,63 420...445
Номинальные параметры пара в регулируемом отопительном отборе: – абсолютное давление, МПа – температура, °С – расход, т/ч	0,2 147 42...57
Температура охлаждающей воды, °С	20



Силовой блок
ЗГЭС-16

Он обеспечивает высокую надежность оборудования: средняя наработка на отказ не менее 5 000 ч; средний ресурс до капитального ремонта – 40 000 ч. В состав компрессорной станции входит также узел подготовки газа, включающий фильтр для очистки газа от механических примесей, и узел окончательной обработки газа – блок охлаждения, баки продувок, азотная рампа.

Автоматизированная система управления техпроцессами

Задачей АСУ ТП является автоматизированный контроль и управление технологическими процессами выработки электрической и тепловой энергии на всех режимах работы ПГУ. САУ энергоблоков и АСУ ТП выполнены на базе программно-технических средств Siemens (разработчик и производитель ООО «Спутник-Комплектация»).

АСУ ТП обеспечивает пуск станции из холодного и горячего состояния, а также различной степени неостывшего состояния оборудования, поддержание заданного режима работы, штатный и аварийный останов станции, сбор, обработку и архивирование первичной и расчетной информации о состоянии оборудования ПГУ и ходе технологического процесса. Система представляет оперативному персоналу текущую и архивную информацию о состоянии оборудования электростанции и ходе технологического процесса. АСУ ТП ведет протоколы событий и действий операторов, регистрацию аварийных ситуаций. В состав объектов автоматизации ПГУ входят все технологические узлы и установки станции:

- газотурбинные энергоблоки, паровая турбина с электрогенератором, паровые котлы-утилизаторы;
- стационарное оборудование технологических и инженерных систем ПГУ;
- система газоснабжения, включающая ГРП и ДКС;
- система оборотного и противопожарного водоснабжения, система химводоочистки;
- РУ 10 кВ и РУ собственных нужд 0,4 кВ;
- система бесперебойного питания переменного тока 380 В;
- ОРУ 110 кВ;
- система питания постоянным током 220 В.

АСУ ТП представляет собой многоуровневую человеко-машинную распределенную структуру и содержит в своем составе подсистемы, реализующие информационные, управляющие и вспомогательные функции. Иерархическая структура АСУ ТП включает в себя три уровня. Верхний уровень осуществляет оперативный контроль состояния основного и вспомогательного технологического оборудования, оперативное (дистанционное и автоматизированное) управление, а также все неоперативные функции АСУ ТП.

Средний уровень выполняет сбор и предварительную обработку информации, автоматическое управление исполнительными механизмами регулирующих органов, органов запорной арматуры, пуска и останова двигателей, органов технологических защит и блокировок.

Нижний уровень включает аналоговые и дискретные датчики, запорную, регулируемую арматуру, механизмы собственных нужд.

Парогазовая электростанция для Астраханской области

Строительство станции осуществляется с применением передовых технических решений и оборудования. После сдачи в эксплуатацию станция обеспечит самый северный город Астраханской области – Знаменск электрической и тепловой энергией и выдачу электроэнергии в энергосистему области. Ввод станции в эксплуатацию запланирован на 2012 год.

Кроме обеспечения теплом г. Знаменска, повысится также устойчивость функционирования региональной энергосистемы. В ходе реализации проекта будут созданы новые рабочие места. Возведение объекта позволит задействовать в строительномонтажных работах около 300 человек, а по окончании строительства трудоустроить порядка 50 специалистов-энергетиков. **Д**