

# Крупнейшая ТЭС на базе российских ГТЭС-25ПА введена в Перми



## In brief

*The biggest gas turbine station on the base of small-scale power units in Russia.*

*Gas turbine power station with electric output of 200 MW was commissioned on the site of Lukoil-Permnefteorgsintez JSC. Eight GTES-25PA gas turbine power plants developed and manufactured by Aviadvigatel JSC operate on the base mode and generate electric and thermal power for the needs of the enterprise. GTES-25PA gas turbine power plant was developed on the base of GTE-25PA gas turbine plant (PS-90GP-25A) and Siemens electric generator. The plants are equipped with Voith reduction-gear. Thermal power from the units exhaust gases is utilized by ZiO-Podolsk PK-98 and PK-99 steam waste-heat boilers. They will generate technological steam with 1.7 MPa and temperature of 300 °C.*

**Д. Д. Сулимов – ОАО «Авиадвигатель»**

**Д. А. Капралов – ООО «Турбомашины»**

На предприятии «Лукойл–Пермнефтеоргсинтез» введена в промышленную эксплуатацию газотурбинная электростанция мощностью 200 МВт. Восемь энергоблоков ГТЭС-25ПА разработки и производства ОАО «Авиадвигатель» обеспечивают собственные нужды предприятия электроэнергией и теплом.

**В** 2012 году руководством ООО «Лукойл–Пермь» была принята программа развития предприятия «Лукойл–Пермнефтеоргсинтез» на 2012–2014 гг. Для обеспечения увеличивающихся потребностей предприятия в электрической и тепловой энергии было решено построить собственную мощную ТЭС.

Учитывая большой опыт успешной работы с пермскими двигателестроителями при создании собственных электростанций на объектах ПАО «Лукойл», в качестве партнера была выбрана проверенная компания. Генпроектировщиком станции выступил «Северо-Западный энергетический инжиниринговый центр» (С.-Петербург), заказчиком – ООО «Лукойл–Энергоинжиниринг» (Москва).

Пермские двигателестроители поставили комплекс оборудования, выполнили внутриблочный монтаж, шефмонтаж и пусконаладочные работы энергоблоков ГТЭС-25ПА, а также провели обучение персонала заказчика правилам эксплуатации электростанции.

Энергоблоки размещаются попарно в четырех каркасно-панельных зданиях, соединенных общим переходом с операторной. Компонентные решения по размещению оборудования ГТЭС-25ПА с вертикальными котлами-утилизаторами были разработаны совместно со специалистами ООО «Лукойл–Энергоинжини-

ринг» и «Северо-Западным энергетическим инжиниринговым центром». Электростанция имеет простую и удобную для обслуживания конструкцию, оснащена всеми системами жизнеобеспечения и вспомогательным оборудованием. Необходимое давление топливного газа обеспечивают три ГТУ-6ПГ в составе ГПА-6ДКС Урал.

Электроснабжение всего оборудования электростанции реализовано по первой группе. Надежная работа станции также обеспечивается источниками бесперебойного питания, которые позволяют энергоблокам работать в течение 30 минут после отключения внешнего энергоснабжения.

## Газотурбинная электростанция ГТЭС-25ПА

Электроагрегат представляет собой комплекс, в который входит газотурбинная установка ГТЭ-25ПА, редуктор и генератор, а также оборудование и системы, обеспечивающие их работу и безопасность в эксплуатации.

Для утилизации тепла выхлопных газов энергоблоки укомплектованы котлами-утилизаторами, изготовленными машиностроительным заводом «ЗиО-Подольск». Это обеспечивает коэффициент использования топлива более 85 %. Количество тепла выхлопных газов одной ГТЭС-25ПА позволяет каждому

котлу-утилизатору, установленному за энергоагрегатом, производить по 40 тонн пара в час. Вся произведенная электрическая и тепловая энергия используется для нужд предприятия.

В качестве основного топлива применяется сухой отбензиненный газ, производимый на предприятии «Лукойл-Пермнефтегазпереработка», – его характеристики соответствуют требованиям ГОСТ 5542-87. Резервным топливом является природный газ.

**Двигатель ПС-90ГП-25А.** Высокая эффективность энергоагрегата ГТЭС-25ПА обусловлена применением в качестве привода современного двухвального двигателя ПС-90ГП-25А со свободной турбиной номинальной мощностью 25 МВт и КПД на валу турбины 38,6 %. Привод создан на базе модернизированного газогенератора авиационного двигателя ПС-90А2.

Двигатель имеет модульную конструкцию: включает модуль газогенератора и модуль силовой турбины. Газогенератор – двухвальный, состоящий из компрессоров низкого и высокого давления, камеры сгорания, турбин высокого и низкого давления. На корпусах компрессора, турбины газогенератора и силовой турбины имеются специальные смотровые лючки для визуально-оптического контроля газозоудного тракта двигателя. Из проточной части компрессора ГТД предусмотрены отборы сжатого воздуха в противообледенительную систему двигателя и агрегата.

Камера сгорания – трубчато-кольцевая, с двенадцатью жаровыми трубами и общим газосборником. Жаровые трубы камеры сгорания доступны для осмотра. Для того чтобы обеспечить соответствие характеристик оборудования российским стандартам по уровню выбросов NO<sub>x</sub>, пермские конструкторы разработали и изготовили систему экологического впрыска воды в камеру сгорания двигателя.

Запуск двигателя осуществляется электрическим стартером СТВД-30Д-11Т. Время автоматического пуска ГТЭС из прогретого состояния с выходом на режим минимальной частоты вращения ротора газогенератора (холостого хода), включая режим вентиляции продолжительностью 5 мин, – не более 8 мин. Время пуска и нагружения ГТЭС от момента подачи команды на запуск ГТУ до готовности принять нагрузку, включая режим прогрева, – не более 12 мин.

При пуске и работе ГТЭС системой вентиляции автоматически поддерживается необходимый температурный режим и циркуляция воздуха в блоках двигателя, маслообеспечения и редуктора, также предусмотрена система наддува трансмиссии.

В системе регулирования подачи топлива к газотурбинной установке последовательно установлены два отсечных быстродействующих газовых клапана и быстродействующий дозатор газа с шаговым двигателем.

Энергоблок выдерживает сейсмическое воздействие по шкале MSK-64 интенсивностью до 7 баллов без специальных мероприятий.

**Турбогенератор и редуктор.** В составе энергоблока применен синхронный четырехполюсный турбогенератор 1DY2068-8AD02-Z с цифровой системой возбуждения, напряжением 10,5 кВ и частотой 50 Гц. Полная мощность турбогенератора – 37500 кВА, частота вращения – 1500 об/мин. Система смазки – циркуляционная, под давлением. Турбогенератор имеет воздушно-гликолевую систему охлаждения по замкнутому циклу.

Для согласования частоты вращения ротора силовой турбины двигателя (5000 об/мин) с номинальной частотой вращения ротора генератора (1500 об/мин) используется одноступенчатый несоосный редуктор AD71-3 с горизонтальным расположением валов и шевронным зубчатым зацеплением.

**Газотурбинный двигатель ПС-90ГП-25А – самый эффективный энергетический привод российского производства**

**Энергоблок ГТЭС-25ПА**



Табл. Основные технические характеристики ГТЭС-25ПА (согласно ISO)

Параметры	Значение
Топливо	природный газ
Номинальная мощность на клеммах генератора, МВт	25,5
КПД на клеммах генератора, %	37,2
Номинальная частота электрического тока, Гц	50
Температура газа за силовой турбиной на выхлопе, °С	502
Расход газа за силовой турбиной на выхлопе, кг/с	78,3
Параметры топливного газа перед ГТЭС: - давление (избыточное), кгс/см <sup>2</sup> - температурный диапазон, °С	43...48 +5...+80
Эквивалентный уровень шума при обслуживании, не более, дБА	80
Ресурс ГТЭС	по техническому состоянию*

\* обслуживание ГТЭС выполняется ОАО «Авиадвигатель» по программе жизненного цикла

Начиная с 2001 года ОАО «Авиадвигатель» успешно сотрудничает с ПАО «Лукойл» по поставке газотурбинного оборудования для обустройства месторождений нефти и газа. За счет внедрения такого оборудования успешно решаются проблемы утилизации попутного газа, что существенно улучшает экологическую обстановку в стране. В процессе совместной работы построен целый ряд современных электростанций.

Для объектов компании «Лукойл» изготовлены и поставлены 53 энергетические газотурбинные установки. Суммарная установленная мощность оборудования составляет 618 МВт, суммарная наработка превысила 1,2 млн часов.

В рамках сотрудничества между компаниями в настоящее время реализуются четыре контракта. Для энергоцентра ООО «Лукойл-Коми» в г. Усинске будут поставлены четыре ГТЭС-25ПА. Три аналогичных энергоблока установят на Ярегском месторождении. Суммарная мощность обеих станций составит 175 МВт. Ввод оборудования планируется в 2016 году.

Для энергоцентров Пякяхинского НГКМ и Восточно-Перевального месторождения (ООО «Лукойл-Западная Сибирь») будут поставлены, соответственно, два и четыре энергоагрегата ГТЭС Урал-6000. Суммарная мощность станций – 36 МВт. Ввод оборудования в эксплуатацию планируется в 2016 году.



Электропитание собственных нужд. Электропитание ГТЭС осуществляется от внешней сети переменного трехфазного тока напряжением 380 В (основной источник) и от собственной батареи аккумулятора 24 В. Максимальная потребляемая мощность (при пуске станции) – 350 кВт. Во время работы ГТЭС потребляемая мощность собственных нужд не более 250 кВт.

Система маслообеспечения. В составе ГТЭС применены две, не связанные между собой системы маслообеспечения: двигателя и объединенная система редуктора и генератора. Обе маслосистемы принудительные, циркуляционные, используют масло ВНИИ НП и ЛУКОЙЛ-Торнадо Т-46 соответственно.

Рабочий объем маслобаков систем маслообеспечения двигателя и редуктора-генератора составляет 750 и 8000 литров соответственно, что гарантированно обеспечивает работу оборудования без дозаправки на межрегламентный период. В магистрали нагнетания масла к редуктору и генератору установлен фильтр фирмы PALL, предназначенный для очистки масла от механических примесей. Конструкция фильтра позволяет переключать и заменять загрязненные фильтроэлементы без останова двигателя.

Воздухоочистительное устройство (ВОУ). Воздух проходит очистку в трех ступенях, выполненных на основе фильтрационной системы VKKW RU. Воздухоочистительное устройство оснащено байпасными клапанами, которые открываются при предельном значении перепада давления в ступенях очистки. Необходимость в техобслуживании определяется по перепаду давления ступени очистки, с выдачей сигнала оповещения оператору станции.

ВОУ работает совместно с системой подогрева циклового воздуха, которая предотвращает обледенение элементов воздухоочистительного устройства. Система включается и выключается автоматически, по сигналу САУ энергоблока. Внутри корпуса ВОУ со стороны всасывания установлен шумоглушитель, снижающий уровень шума до санитарных норм.

Система автоматического управления ГТЭС (САУ ГТЭС). Разработчик и поставщик системы автоматического управления и низковольтного комплектного устройства (НКУ) – ООО «Спутник-Энергетика» (г. Пермь).

САУ ГТЭС – это интегрированная система, осуществляющая комплексное автоматическое управление и защиту основного и вспомогательного оборудования энергоблока.

САУ ГТУ является подсистемой САУ ГТЭС, обеспечивает запуск двигателя, управление на всех режимах его работы и при всех видах останова. Основной принцип управления, реализо-

ванный в САУ ГТУ, – поддержание заданной частоты вращения силовой турбины в зависимости от соотношения текущей активной мощности ( $P_{\text{акт}}$ ) энергоблока и заданной ( $P_{\text{зад акт}}$ ) с учетом предустановленного коэффициента статической характеристики. В САУ ГТУ за счет такого принципа управления реализуется общее первичное регулирование частоты.

### **Общестанционное АРМ оператора ГТЭС**

Управление работой энергокомплекса осуществляется с помощью общестанционного автоматизированного рабочего места (АРМ) из операторной, которая соединена общим переходом с машзалами электростанции.

АРМ оператора ГТЭС позволяет задавать все режимы работы станции, контролировать параметры и состояние оборудования энергоагрегатов; сообщает оператору о неисправностях оборудования и систем станции; формирует управляющие команды на выполнение нормального, экстренного или аварийного останова электростанции.

### **Водогрейные котлы-утилизаторы**

Подольский машиностроительный завод (ПАО «ЗиО-Подольск») по заказу компании «Лукойл-Энергоинжиниринг» изготовил для электростанции восемь котлов-утилизаторов ПК-98 и ПК-99.

Котлы-утилизаторы предназначены для выработки пара давлением 1,7 МПа и температурой 300 °С, а также для нагрева воды за счет утилизации тепла выхлопных газов ГТУ.

Котел-утилизатор ПК-99 оснащен системой байпасирования дымовых газов, что обеспечивает при необходимости работу энергоблока в режиме простого цикла.

### **Монтаж и пусконаладочные работы**

Для сокращения сроков монтажа компания «Авиадвигатель» поставила оборудование в виде законченных блоков повышенной заводской готовности (блоки воздухоочистки, ГТУ, редукторы, системы маслообеспечения и топливопитания). Монтаж внутри блоков выполнен на предприятиях-изготовителях. В качестве генподрядчика выступило ООО «Лукойл-Энергоинжиниринг».

Основное оборудование (ГТУ, генератор, редуктор) перед поставкой прошло приемочные испытания на заводах-изготовителях. Модульная конструкция и максимальная заводская готовность энергоблока позволили реализовать проект менее чем за два года. Благодаря высокой степени автоматизации оборудования, не было необходимости привлекать дополнительный персонал.

После пусконаладочных работ на станции были проведены 72-часовые индивидуальные испытания энергоблоков ГТЭС-25ПА, в ходе которых подтвердились гарантированные эксплуатационные показатели. Затем состоялось комплексное опробование объекта по согласованной программе. Группа специалистов ТЭС прошла обучение по вопросам эксплуатации и технического обслуживания энергоблока на предприятии «Авиадвигатель».

В процессе пусконаладочных работ ГТЭС успешно прошли испытания на соответствие техническим требованиям «СО ЕЭС» к генерирующему оборудованию участников оптового рынка (требования общего первичного регулирования частоты – ОПРЧ).

Также проведена проверка частотно-делительной автоматики (ЧДА). Цель испытаний – определить величину допустимого небаланса активной мощности при выделении генерирующего оборудования электростанции «Лукойл-Пермнефтеоргсинтез» на изолированную нагрузку. Программы и результаты испытаний согласованы с Пермским РДУ «СО ЕЭС».

В настоящее время ТЭС надежно обеспечивает предприятие собственным теплом и электроэнергией. Многолетнее успешное сотрудничество ОАО «Авиадвигатель» и ПАО «Лукойл» позволило реализовать сложный проект в намеченные сроки. И вдвойне важно, что в основном на станции работает российская техника. Применение зарубежного оборудования в данном проекте на момент заключения контрактов было обусловлено экономической целесообразностью. В настоящее время для его замены подобраны российские аналоги.

### **Программа технического обслуживания**

Применение программы технического обслуживания *в течение жизненного цикла* на объектах ПАО «Лукойл» показало высокую эксплуатационную надежность оборудования. Положительный опыт эксплуатации энергоагрегатов компании «Авиадвигатель» на предприятиях «Лукойл-Западная Сибирь» и «Лукойл-Пермь» с использованием данной программы позволил применить ее и в проекте ГТЭС-200 в ООО «Лукойл-Пермнефтеоргсинтез».

Техническое обслуживание по данному договору обеспечивает работоспособное состояние оборудования в течение 8000 часов в год. Высокие показатели достигаются за счет непрерывного контроля специалистами предприятия «Авиадвигатель» технического состояния агрегатов на объекте заказчика. Суммарная наработка ГТЭС на 1 октября текущего года превысила 25 тыс. часов. **Д**