

ПАРОГАЗОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ОАО «НПО «САТУРН»

Вячеслав Иванов – главный менеджер ОАО «НПО «Сатурн», г.Рыбинск, Россия
Виктор Парфентьев, к.т.н. – представитель ОАО «НПО «Сатурн» в Молдове, г. Кишинев

Определение. Парогазовая энергетическая установка – турбинная силовая установка, вырабатывающая электрическую энергию, в рабочем цикле которой используется два рабочих тела: топливный газ, сжигаемый непосредственно в газотурбинном двигателе, и водяной пар, получаемый в результате рекуперации тепловой энергии уходящих газов турбины.

1. ВВЕДЕНИЕ

Парогазовые энергетические установки (ПУ) электрической мощностью 170 и 325 МВт разработаны по заказу РАО «ЕЭС России» ведущими проектными организациями и промышленными предприятиями энергомашиностроительного комплекса Российской Федерации: ОАО «Институт «Теплоэлектропроект», ОАО «Ленинградский металлический завод», ОАО «Подольский машиностроительный завод», ОАО «Электросила», ОАО «НПО «Сатурн» и другими.

В 1993 году для заказчика были выполнены работы по следующим разделам:

-анализ и выбор технических решений по схемам и оборудованию энергоблока (тепломеханическое, электротехническое и т.д.),

-выбор оборудования и разводка коммуникаций паротурбинной и котельной установок энергоблока, и представлен рабочий проект «Парогазовая установка ПГУ-325», в состав которого вошли: «Технический проект на газотурбогенератор ГТГ-110», «Технический проект на паровую турбину К-110-6,5», «Технический проект на котел-утилизатор П-88», рабочая конструкторская документация на «Турбогенератор ТФГ-110-2У3», «Технический проект на тиристорное пусковое устройство для турбогенератора ТФГ-110-2У3», «Пояснительная записка к техническому проекту на парогазовую установку ПГУ-325», «Пояснительная записка к структурной схеме АСУ ТП», «Основные технические решения по компоновке оборудования ПГУ-325 в главном корпусе», «Статические характеристики парогазовой установки ПГУ-325», «Техническое задание на автоматизированную систему управления технологическим процессом блока ПГУ-325» и др.

Основой силовой части парогазовых установок является газотурбинный двигатель ГТД-110 мощностью 114,5 МВт. Двигатель ГТД-110 разрабатывался НПП «Машпроект» (Украина) в соответствии с Межправительственным

соглашением между Российской Федерацией и Украиной. Серийное производство двигателя было передано ОАО «НПО «Сатурн».

Технические характеристики газотурбинного двигателя ГТД-110

Мощность, МВт	114,5
КПД (без учета потерь на входе/выходе), %	36
Степень повышения давления в компрессоре ГТД	14,7
Температура газа на выходе из камеры сгорания, °С	1210
Расход газа на выходе из ГТД, кг/сек	362
Температура газа за ГТД, °С	525
Расход топлива (газ $H_u=50056$ кДж/кг), кг/час	22 600
Топливо основное - природный газ $P=2,5$ МПа; аварийное - жидкое топливо (дизельное)	
Содержание NOx при работе на газе (не более), мг/н.м ³	50
Ресурс ГТД в базовом режиме, тыс. час.	100
Масса, т	50
Габариты ГТД: длина x ширина x высота, м	7,1x3,6x4,3

Двигатель ГТД-110 - однокаскадный с двухопорным ротором, простого термодинамического цикла, с отбором мощности со стороны компрессора. Частота вращения ротора - 3000 об/мин.

Начиная с 1998 года проведен большой объем испытаний двигателей ГТД-110. Двигатель №1 на 1 января 2001 г. отработал на испытательном стенде НПП «Машпроект» (с выдачей электроэнергии в общую сеть) 1500 эквивалентных часов. Двигатель №2 на конец 2004 года прошел доводку и испытания на испытательном стенде Ивановской ГРЭС (с работой в номинальном базовом классе использования и выдачей электроэнергии в общую сеть) продолжительностью более 20000 эквивалентных часов, что составляет более половины ресурса двигателя до капитального ремонта.

Результаты проведенных испытаний газовых турбин

ГТД-110 на стенде НПП «Машпроект» и на испытательном стенде Ивановской ГРЭС, а также технико-экономические расчеты эффективности парогазовых энергоустановок позволили РАО «ЕЭС России» рекомендовать данное оборудование в качестве основного при модернизации энергетического комплекса России.

Концепцией технического перевооружения тепловых электростанций России предусмотрено масштабное внедрение парогазовых энергетических блоков при реконструкции ряда ГРЭС и ТЭЦ, в том числе ГРЭС-24 Мосэнерго, Конаковской ГРЭС, Костромской ТЭЦ-2, Псковской ГРЭС и др.

В начале 2005 года РАО «ЕЭС России» приняло решение о начале строительства электростанции на парогазовом цикле - Ивановские ПГУ мощностью 650 МВт (на базе двух энергоустановок ПГУ-325). Завершение поставки оборудования и пуск первой очереди электростанции (325 МВт) запланированы на апрель 2007 года.

2. СОСТАВ ПГУ-325, ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Энергетический блок ПГУ-325 является парогазовой установкой бинарного типа, предназначенной для выработки электроэнергии в базовом и полупиковом режимах. В стандартном варианте паровая турбина принята конденсационной, возможен отпуск пара на сетевые подогреватели в количестве 75 Гкал/час.

Паросиловая часть блока предусматривает два давления пара.

Основные технико-экономические показатели ПГУ-325

Электрическая мощность ПГУ при расчетных условиях*, МВт	325
КПД (электрический) при расчетных условиях*, %	51,5
Рабочий диапазон температур наружного воздуха, °С	-40 - +45
Диапазон автоматизированного изменения нагрузок ПГУ, %	25 ... 100
Максимально возможная электрическая мощность ПГУ при температуре наружного воздуха 15°С, МВт	368

* - Расчетные условия, при которых определяются основные параметры: температура наружного воздуха 288 К (15°С), давление наружного воздуха 0,1013 МПа (1 ата), температура охлаждающей воды 293 К (20°С).

В базовую комплектацию блока ПГУ-325 входят:
 - две энергетические установки с газотурбинными двигателями ГТД-110, номинальной мощностью 110 МВт каждая, производства АО «НПО «Сатурн»;
 - одна конденсационная паротурбинная установка К-110 производства АО «Ленинградский металлический завод»;
 - два турбогенератора ТЗФГ-110-2У3, один

турбогенератор ТЗФП-110-2У3, номинальной мощностью 110 МВт каждый, с форсированным воздушным охлаждением, производства АО «Электросила»;

- два горизонтальных двухкорпусных котла-утилизатора П-88 производства АО «Подольский машиностроительный завод».

Основные строительные показатели ПГУ-325 по главному корпусу

Площадь застройки, м ²	10285
Строительный объем, м ³	198088
Расход основных строительных материалов:	
- металлоконструкции, т	2885
- арматурная сталь, т	1008
- цемент, т	3021

Совместно с турбогенераторами ТЗФГ-2У3 поставляются тиристорные пусковые устройства, предназначенные для разворота газотурбинных двигателей ГТД-110.

В состав блока входят электротехнические устройства, системы контроля, защиты и управления и другие элементы.

3. СОСТАВ ПГУ-170, ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Энергетический блок ПГУ-170 является парогазовой установкой бинарного типа, предназначенной для выработки электроэнергии в базовом и полупиковом режимах. В стандартном варианте паровая турбина принята конденсационной, возможен отпуск пара на сетевые подогреватели в количестве 80 Гкал/час.

Паросиловая часть блока предусматривает два давления пара.

Установка ПГУ-170 мощностью 170 МВт разработана с учетом опыта создания и эксплуатации многовалвных парогазовых установок. Характерным отличительным признаком ПГУ-170 является расположение генератора, газовой и паровой турбины в виде единого валопровода.

Принятое решение связано с повышением экономичности блока, сокращением затрат на строительные конструкции, улучшением условий эксплуатации и ремонта и, в целом, с повышением эффективности блока.

Блок ПГУ-170 разработан в виде полномасштабного модуля со всеми функциональными системами, обеспечивающими его нормальную эксплуатацию с учетом прямоточной системы водоснабжения.

В состав модуля входят силовая установка и электротехнические устройства, системы контроля, защиты и управления, необходимые грузоподъемные механизмы и другие элементы.

В базовую комплектацию блока ПГУ-170 входят:

- энергетическая установка с газотурбинным двигателем ГТД-110, номинальной мощностью 110 МВт, производства АО «НПО «Сатурн»;
 - турбогенератор ТЗФ-180-2У3, номинальной мощностью 180 МВт, с форсированным воздушным

охлаждением, производства АО «Электросила»;
 -конденсационная паротурбинная установка К-55 (60) мощностью 60 МВт, производства АО «Ленинградский металлический завод»;
 -горизонтальный котел-утилизатор КУП-200-73-500 производства АО «Подольский машиностроительный завод»;
 -электротехнические устройства, системы контроля, защиты и управления.
 Совместно с турбогенераторами ТЗФГ-2УЗ поставляются тиристорные пусковые устройства, предназначенные для разворота газотурбинных двигателей ГТД-110.

Основные технико-экономические показатели ПГУ-170

Электрическая мощность ПГУ при расчетных условиях*, МВт	170
КПД (электрический) при расчетных условиях*, %	52,5
Рабочий диапазон температур наружного воздуха, °С	-40 - +40
Диапазон автоматизированного изменения нагрузок ПГУ, %	25 ... 100
Максимально возможная электрическая мощность ПГУ при температуре наружного воздуха 15°С, МВт	192

Основные строительные показатели двух ПГУ-170 по главному корпусу

Площадь застройки, м ²	6627
Строительный объем, м ³	163733
Расход основных строительных материалов:	
-металлоконструкции, т	2586
-арматурная сталь, т	450
-цемент, т	2220

4. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРОГАЗОВЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

ОАО «Институт «Теплоэлектропроект» произвел оценку экономической эффективности применения парогазовых энергетических блоков производства НПО «Сатурн».

Выполненные технико-экономические расчеты убедительно показывают, что парогазовые блоки имеют несомненное преимущество перед паросиловыми установками.

Экономический эффект достигается за счет:

- значительной, до 10-12%, экономии топлива при применении парогазового цикла,
- снижения удельных затрат и металлоемкости оборудования и трубопроводов при строительстве электростанции,
- уменьшения объемов потребления воды,
- сокращения сроков строительства электростанции и т. д.

Технико-экономический показатель	Электростанция с блоками:	
	ПСУ-320	ПГУ-325
Установленная мощность блока, МВт	2 x 320	2 x 325
КПД блока, %	41,0	51,5
Удельный расход топлива, г/квт.час	300	237
Расчетная годовая (Т = 6000 час.) экономия топлива при применении парогазовых блоков:		
-в условном топливе, тыс.т	-	206
-в натуральном выражении, млн.норм.м ³	-	300
Удельный объем главного корпуса, м ³ /МВт	1022	618
Расходно-массовые характеристики:		
-расход монолитного бетона и ж.б. конструкций, тыс.м ³	41,4	42,4
-расход сборного железобетона, тыс.м ³	23,1	24,2
-масса строительных металлоконструкций, тыс.т	15,4	7,0
-масса основного оборудования, тыс.т	25,6	15,0
-масса трубопроводов высокого давления, тыс.т	2,8	1,0

Применение парогазовых установок благотворно влияет на экологию окружающей среды, так как удельные выбросы вредных веществ в атмосферу снижаются на 25-55%.

Расчеты, выполненные Институтом «Теплоэлектропроект» для Ивановской ГРЭС, показывают, что при вводе в эксплуатацию двух блоков ПГУ-325 годовая экономия топливного газа в натуральном выражении составит 300 млн.норм.м³.

Опыт разработки и эксплуатации парогазовых установок в России и за рубежом позволил изменить концепцию построения таких установок для работы в базовом и полупиковом режимах, нацелив ее на более простые и дешевые технологические решения при высокой экономичности и надежности. Характерным признаком такого решения является расположение генератора, газовой и паровой турбин в виде единого валопровода.

Преимущества одновальной парогазовой установки (ПГУ-170) по сравнению с многовальной (ПГУ-325):

- высокая надежность,
- низкие эксплуатационные затраты,
- высокая эффективность при работе на частичной нагрузке,
- упрощенная синхронизация,
- меньшее количество электротехнического оборудования,

- простая система управления,
- оптимальная тепловая схема и компоновка блока, аксиальный выхлоп позволяет располагать блок практически на нулевой отметке,
- повышение КПД за счет снижения потерь с аксиальным выхлопом пара,
- единая маслосистема для газовой и паровой турбин и генератора,
- снижение затрат на сооружение одновальной парогазовой установки, удельные капиталовложения снижаются ориентировочно на 10% по сравнению с

многовальными.
-экономия площади.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. *Технико-коммерческое предложение на поставку оборудования парогазовой установки ПГУ-325.* ОАО «НПО «Сатурн», Рыбинск, 2003.
2. *Технико-коммерческое предложение на поставку оборудования одновальной парогазовой установки ПГУ-170.* ОАО «НПО «Сатурн», Рыбинск, 2004.